

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL TERBUKA DENGAN  
SISTEM RANGKA MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN  
HOTEL ARIA CENTRA SURABAYA**



**Oleh**

**Agung Wahyu Dwi Utomo**

**NIM 12.21.115**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG**

**2016**

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL TERBUKA DENGAN**

**SISTEM RANGKA MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN**

**HOTEL ARIA CENTRA SURABAYA**



Oleh

**Agung Wahyu Dwi Utomo**

**NIM 12.21.115**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

**MALANG**

**2016**

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah hirobbil alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad saw. Hanya atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PROPOSAL SKRIPSI PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL TERBUKA DENGAN SISTEM RANGKA MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN HOTEL ARIA CENTRA SURABAYA”** dengan baik.

Atas terselesaikannya penulisan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir.H.Sudirman Indra, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Ibu Ir. Munasih, M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang Malang.
4. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, M.T.selaku dosen pembimbing 1.
5. dan Bapak Ir. A. Agus Santosa, M.T selaku dosen pembimbing 2.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyempurnaan.

Malang, Mei 2016

**Penulis**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL TERBUKA DENGAN SISTEM RANGKA**  
**MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN HOTEL ARIA CENTRA SURABAYA**

*Disusun dan Diajukan Sebagai salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana program*  
*Studi Teknik Sipil S-1*  
*Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :**  
**Agung Wahyu Dwi Utomo**

**NIM 12.21.115**

**Disahkan Oleh :**

**Ketua**

**Sekretaris**

**Ir. A Agus Santosa, M.T.**

**Ir. Munasih, M.T.**

**Anggota penguji :**

**Penguji I**

**Penguji II**

**Ir. Ester Priskasari, M.T.**

**Ir. H Sudirman Indra, Msc.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**2016**



**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL TERBUKA DENGAN SISTEM RANGKA MOMEN**  
**KHUSUS PADA PEMBANGUNAN HOTEL ARIA CENTRA SURABAYA**

*Disusun dan Diajukan Sebagai salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana program*  
*Studi Teknik Sipil S-1*  
*Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :**  
**Agung Wahyu Dwi Utomo**

**NIM 12.21.115**

**Menyetujui,**

**Ketua**

**Dosen Pembimbing**

**Program Studi Teknik Sipil S-1**

  
**(Ir.A. Agus Santosa, M.T.)**  
**NIP. Y. 101 87 00 155**

  
**(Ir.A. Agus Santosa, M.T.)**  
**NIP. Y. 101 87 00 155**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**2016**

**“Perencanaan Struktur Portal terbuka dengan system Rangka Momen khusus pada proyek Hotel Aria Centra Surabaya”**, Pembimbing : Ir. Bambang Wedyantadji, MT, Ir. A Agus Santosa, MT Oleh : Agung Wahyu dwi Utomo, (1221115)

---

### **ABSTRAKSI**

Kondisi Indonesia yang rawan terhadap kejadian gempa, maka dipandang perlu untuk melakukan perencanaan gedung di Indonesia yang tahan terhadap gempa. Karena pengaruh perilaku struktur yang diakibatkan oleh gempa sangat berpengaruh dan rawan terjadinya kegagalan struktur. Studi ini dilakukan pada Struktur gedung Hotel Aria Centra kota Surabaya. Dilakukan perencanaan pada studi ini menggunakan Sistem Rangka Momen Khusus.

Dalam studi perencanaan ini, langkah pertama yang dilakukan dengan mencari data perencanaan gedung yang bersangkutan yang kemudian dilakukan studi perencanaan ulang. Setelah itu dilakukan perencanaan ulang dengan langkah pertama merencanakan dimensi penampang balok, kolom, kemudian dilakukan perhitungan statika dengan bantuan program bantu ETABS. Setelah didapatkan gaya-gaya dalam dari hasil perhitungan statika, dilakukan perhitungan penulangan. Dan dalam perhitungan penulangan dilakukan perhitungan pada portal line F.

Setelah dilakukan beberapa tahapan studi perencanaan sesuai dengan alur diatas, didapatkan hasil perhitungan balok pada tumpuan kiri dengan dimensi balok 40/80 dengan dengan tulangan longitudinal 6 D 22 (atas) dan 3 D 22 (bawah), 5 D 22 (bawah) dan 3 D 22 (atas). Pada daerah Lapangan, dan pada tumpuan kanan, 7 D 22 (atas) 3 D 22 (bawah). Tulangan transversal (Sengkang) pada sendi plastis 3 (kaki) Ø 10-100, diluar sendi plastis 2 (kaki) Ø10-150. Didapat 2 (kaki) Ø10-200 didaerah lapangan. Kemudian untuk hasil perhitungan kolom didapatkan dimensi penampang 100/70 dengan tulangan longitudinal 22 D 25 dengan spesifikasi tulangan transversal pada daerah sendi plastis didapat 3 kaki Ø12-80 dan pada daerah luar sendi plastis 2 kaki Ø12-100.

**Kata Kunci :** Striktur Portal Terbuka, Tahan Gempa, Sistem Rangka Momen Khusus, Kota Surabaya.

## **DAFTAR ISI**

**COVER**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LEMBAR PERNYATAAN**

**ABSTRAKSI**

**KATA PENGANTAR**

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR GAMBAR**

**DAFTAR TABEL**

**DAFTAR NOTASI**

### **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penulisan .....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Konsep Dasar Perencanaan Struktur .....	4
2.1.1 Prinsip Kolom kuat Balok lemah .....	5
2.2. Struktur Rangka Terbuka .....	6
2.2.1 Struktur Balok .....	6
2.2.2 Struktur Kolom .....	7
2.3. Struktur Tahan Gempa .....	8

2.4	Desain Bangunan tinggi tahan gempa.....	9
2.4.1	Zona Seismik .....	9
2.4.2	Analisa Perhitungan beban gempa .....	10
2.5	Pembebanan Komponen Struktur .....	11
2.5.1	Beban Mati .....	11
2.5.2	Beban Hidup .....	11
2.5.3	Beban Gempa .....	12
2.6	Kombinasi Pembebanan.....	12
2.7	Balok T.....	13
2.8	Perencanaan Balok dengan tulangan tekan dan Tarik (rangkap).....	14
2.8.1	Balok tulangan rangkap .....	14
2.8.2	Balok T tulangan rangkap .....	18
2.8.3	Perhitungan balok T dan balok L .....	19
2.8.4	tulangan minimum pada komponen struktur lentur.....	20
2.8.5	Perencanaan Balok terhadap geser .....	22
2.9	Perancangan struktur Portal terhadap struktur dan aksial.....	25
2.9.1	Kolom eksentrisitas kecil .....	28
2.9.2	Kolom eksentrisitas besar .....	29
2.9.3	Penulangan Kolom .....	30
2.10	Hubungan Balok Kolom .....	35

### **BAB III.DATA PERENCANAAN**

3.1.	Data data Perencanaan .....	36
3.1.1	Data Bangunan .....	36
3.2.	Mutu Bahan yang Digunakan .....	36
3.3.	Diagram Alir Pengerjaan .....	38
3.4.	Perencanaan Dimensi Pelat, Balok, dan Kolom.....	39
3.4.1	Perencanaan Dimensi Pelat .....	39
3.4.2	Perencanaan Dimensi Balok .....	39
3.4.3	Perencanaan Dimensi Kolom.....	40
3.5	Perhitungan Pembebanan .....	41



3.5.1 Beban Mati (Dead Load).....	41
3.5.2 Beban Hidup (Live Load) .....	42
3.5.3 Beban Gempa .....	45
3.5.4 Beban Gempa Vertikal.....	52
3.5.5 perataan beban.....	56

#### **BAB IV PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR**

4.1 Perhitungan Tulangan Pada Balok .....	61
4.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok.....	61
4.1.2 Perhitungan Penulangan Geser Pada Balok .....	89
4.2 Perhitungan Penulangan Kolom .....	96
4.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom .....	92
4.2.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom .....	123
4.2.3 Sambungan Lewatan Vertikal Kolom.....	129

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	135
5.2 Saran .....	136

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Struktur Rangka Terbuka .....	6
Gambar 2.2 : Respon spectrum Gempa rencana .....	12
Gambar 2.3 : Distribusi tegangan regangan balok persegi bertulang rangkap .....	16
Gambar 2.4 : Bagan Alir Analisa Balok persegi bertulang rangkap.....	17
Gambar 2.5 : Diagram Tegangan Balok T .....	18
Gambar 2.6 : Gambar lebar plat efektif balok T .....	28
Gambar 2.7 : Contoh bagian slab yang disertakan dengan balok menurut SNI ...	21
Gambar 2.8 : Diagram geser dan daerah penempatan tulangan geser .....	24
Gambar 2.9 : Tegangan dan gaya – gaya pada kolom .....	26
Gambar 2.10: angan geser.....	24
Gambar 3.1 : Diagram Alir .....	38
Gambar 3.2 : Mencari Pusat Massa dan Berat Lantai 1 .....	43
Gambar 3.3 : Respons Spektrum Gempa Rencan .....	45
Gambar 3.4 : Pembagian Beban Gempa Pada Lantai 2 Arah U-S.....	50
Gambar 3.5 : Pembagian Beban Gempa Pada Lantai 2 Arah S-U.....	50
Gambar 3.6 : Pembagian Beban Gempa Pada Lantai 2 Arah B-T.....	51
Gambar 3.7 : Pembagian Beban Gempa Pada Lantai 2 Arah T-B.....	51
Gambar 3.8 : Potongan Portal Line 4-4 .....	53
Gambar 3.9 : Penomoran Batang Kolom .....	53
Gambar 4.1 : Panjang beff .....	57
Gambar 4.2 : Momen Negatif Pada Penulangan Tumpuan.....	61
Gambar 4.3 : Momen Positif Pada Penulangan Tumpuan .....	65

Gambar 4.4 : Letak Daerah Tekan Pada Pelat .....	66
Gambar 4.5 : Momen Positif Pada Penulangan Lapangan.....	71
Gambar 4.6 : Letak Daerah Tekan Pada Pelat .....	73
Gambar 4.7 : Momen Negatif Pada Penulangan Lapangan .....	76
Gambar 4.8 : Momen Negatif Pada Penulangan Tumpuan.....	81
Gambar 4.9 : Momen Positif Pada Penulangan Tumpuan .....	85
Gambar 4.10 : Letak Daerah Tekan Pada Pelat .....	86
Gambar 4.11 : Perataan Portal Line 4 .....	90
Gambar 4.12 : Perataan Beban Trapesium.....	91
Gambar 4.13 : Detail Penulangan Pada Balok Join 50-55 .....	99
Gambar 4.14 : Diagram Interaksi Kolom.....	113
Gambar 4.15 : Detail Penulangan Pada Kolom .....	122

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Hasil Perhitungan Pusat Masa dan Berat Tiap Lantai .....	44
Tabel 3.2 : Faktor Keutamaan Struktur .....	46
Tabel 3.3 : Parameter Daktilitas Struktur Gedung .....	47
Tabel 3.4 : Berat Total Struktur .....	47
Tabel 3.5 : Gaya Geser Masing-Masing Lantai ( $F_i$ ) .....	49
Tabel 3.6 : Hasil Pembacaan Momen Pada Balok .....	54
Tabel 3.7 : Hasil Pembacaan Momen Pada Kolom .....	55
Tabel 4.1 : Hasil Perhitungan Diagram Interaksi .....	113
Tabel 4.2 : Tabel $M_n$ , $P_n$ , dan Jumlah Tulangan .....	114



## DAFTAR NOTASI

Notasi	Penjelasan
<b>a</b>	= tinggi blok tegangan persegi ekuivalen, mm
<b>A<sub>g</sub></b>	= luas bruto penampang, mm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s</sub></b>	= luas tulangan tarik non-prategang, mm <sup>2</sup>
<b>A's</b>	= luas tulangan tekan, mm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s,min</sub></b>	= luas minimum tulangan lentur, mm <sup>2</sup>
<b>A<sub>v</sub></b>	= luas tulangan sengkang ikat dalam daerah sejarak s, mm <sup>2</sup>
<b>b<sub>E</sub></b>	= Lebar efektif dari potongan flens, mm
<b>b<sub>w</sub></b>	= lebar badan balok, atau diameter dari penampang bulat, mm
<b>c</b>	= jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm
<b>d</b>	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
<b>d'</b>	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
<b>D</b>	= beban mati, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati

<b>E</b>	= pengaruh beban gempa, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
<b>f'c</b>	= kuat tekan beton, Mpa
<b>f's</b>	= tegangan pada tulangan baja tekan, Mpa
<b>fy</b>	= tegangan leleh baja tulangan yang diisyaratkan, Mpa
<b>h</b>	= tebal atau tinggi total komponen struktur, mm
<b>ld</b>	= panjang penyaluran, mm
<b>ln</b>	= panjang bentang bersih untuk yang diukur dari muka ke muka tumpuan
<b>Me<sup>-</sup></b>	= momen negatif rencana kiri bentang
<b>Mm<sup>+</sup></b>	= momen lapangan
<b>Mn</b>	= kuat momen nominal pada penampang, N-mm
<b>Mu</b>	= momen terfaktor pada penampang, N-mm
<b>Mpr</b>	= kuat momen lentur mungkin dari suatu komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen struktur pada muka joint dengan menggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum 1,25 fy dan faktor reduksi kekuatan $\phi = 1$ , N-mm
<b>Pn</b>	= kuat nominal penampang yang mengalami tekan, N
<b>Po</b>	= kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol, N
<b>Pu</b>	= beban aksial terfaktor pada eksentrisitas tertentu, N
<b>qd</b>	= beban mati
<b>q1</b>	= beban hidup
<b>qu</b>	= beban terfaktor
<b>s</b>	= spasi tulangan geser pada arah sejajar tulangan longitudinal, mm

- $s_0$  = spasi maksimum tulangan transversal, mm
- $s_x$  = spasi longitudinal tulangan transversal dalam rentang panjang  $l_0$ , mm
- $v_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
- $V_n$  = kuat geser nominal
- $V_s$  = kuat geser normal yang disumbangkan oleh tulangan geser
- $V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang
- $y_t$  = jarak dari sumbu pusat penampang bruto, dengan mengabaikan tulangan, keserat tarik terluar, mm
- $\rho$  = rasio tulangan tarik non-prategang
- $\rho_g$  = rasio tulangan total terhadap luas penampang kolom
- $\phi$  = faktor reduksi kekuatan
- $\mu$  = koefisien friksi

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia terletak di daerah yang memiliki aktifitas Gempabumi yang tinggi. Itu di karenakan Indonesia yang berada di daerah pertemuan tiga (3) Lempeng Tektonik utama dunia, yakni lempeng Samudera india – Australia, lempeng samudra Pasifik dan lempeng Eurasia. Hal tersebut mengakibatkan Indonesia seringkali mengalami Gempabumi skala kecil, sedang bahkan Gempabumi berskala besar yang dapat mengakibatkan Tsunami.

Berkaitan dengan tulisan ini yang merupakan bidang keahlian penulis yakni Teknik Sipil, penjelesan terkait gempa sebelumnya merupakan salah satu hal yang harus di perhatikan dalam perencanaan suatu struktur. Karena Indonesia yang rawan terjadinya gempa maka dalam perencanaan suatu struktur gedung tinggi, akibat gaya gempa merupakan sesuatu yang harus diperhatikan. Secara umum dalam perencanaan struktur suatu bangunan dapat di golongan menjadi 2 bagian yaitu struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah. Struktur bangunan atas meliputi perencanaan kolom, balok, plat, rangka atap. Sedangkan untuk perencanaan struktur bangunan bawah meliputi pondasi. Pada umumnya perencanaan struktur bangunan tahan gempa relatif sama dengan struktur pada umumnya yakni seperti balok kolom dan plat lantai.. Sedikit yang membedakan adalah sistem pada struktur yang di rancang agar mampu menahan gaya gempa dengan cara penambahan struktur bangunan seperti shearwall atau dinding geser, Bracing, ataupun penggunaan system rangka momen biasa, menengah ataupun khusus (d disesuaikan dengan kebutuhan struktur gedung).



Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa ada beberapa factor dalam merencanakan struktur suatu gedung. Tuntutan bagi seorang *Engineering* khususnya dalam keteknik sipil adalah mampu untuk mendesain struktur bangunan yang dapat memberikan kenyamanan, keamanan, serta kekuatan namun tetap harus seefisien mungkin. Dengan permasalahan tersebut maka dalam pembangunan gedung bertingkat ini dilakukan analisa demi mendapatkan kondisi struktur yang sesuai dengan keinginan, yakni kuat, aman serta ekonomis.

Pada penulisan tugas akhir ini penulis akan memberi alternatif perhitungan struktur, dan mencari tahu jenis system rangka momen yang sesuai dengan kebutuhan pada struktur. Sehingga pada perencanaan struktur bangunan gedung bertingkat ini mampu menahan beban akibat gempa dengan judul **“SKRIPSI PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL TERBUKA DENGAN SISTEM RANGKA MOMEN KHUSUS PADA PEMBANGUNAN HOTEL ARIA CENTRA SURABAYA”**

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka analisa ini dimaksudkan untuk mengetahui desain struktur portal terbuka dengan sistem rangka momen .

## **1.3. Rumusan Masalah**

Masalah yang akan dibahas pada penulisan tugas akhir ini :

1. Berapa dimensi Balok dan Kolom yang dibutuhkan?
2. Berapa tulangan longitudinal dan transversal yang dibutuhkan pada Balok dan Kolom?
3. Berapa luas tulangan joint hubungan Balok dan Kolom?

4. Bagaimana gambar detail tulangan pada balok dan kolom?

#### **1.4. Tujuan Penulisan**

Tujuan dari analisa ini adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh dimensi Balok dan Kolom.
2. Memperoleh jumlah tulangan longitudinal dan transversal yang dibutuhkan pada perencanaan Balok dan Kolom.
3. Mengetahui luas tulangan joint hubungan Balok dan Kolom
4. Mengetahui hasil gambar penampang dan tulangan pada Balok dan Kolom

#### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah untuk membatasi penyimpangan pembahasan pada perencanaan struktur. Batasan – batasan yang di pakai ialah :

1. perhitungan dimensi Balok dan Kolom.
2. perencanaan penulangan longitudinal dan transversal.
3. Mendapatkan gambar detail tulangan pada Balok dan Kolom
4. Analisa berdasarkan Struktur Hotel Aria Centra Surabaya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Konsep Dasar desain Perencanaan Struktur**

Dalam perencanaan struktur konstruksi suatu bangunan, perlu diperhatikan konsep desain untuk pemilihan elemen baik secara structural maupun fungsional. Dalam perencanaan kali ini di tinjau perencanaan konsep desain untuk bangunan tahan gempa.

Perencanaan bangunan tahan gempa ialah bangunan yang dirancang untuk tahan dan tetap berdiri ketika terjadi gempa yang besar walaupun nantinya sedikit terdapat kerusakan pada beberapa bagian bangunan sesuai falsafah perencanaan gedung tahan gempa. Perencanaan suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu:

- Bangunan dapat menahan gempa bumi kecil atau ringan tanpa mengalami kerusakan.
- Bangunan dapat menahan gempa bumi sedang tanpa kerusakan yang berarti pada struktur utama walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder.
- Bangunan dapat menahan gempa bumi kuat tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan (Teruna,2007)

Dalam perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh gempa rencana, semua unsur struktur gedung, baik bagian dari subsistem struktur gedung maupun bagian dari sistem struktur gedung harus diperhitungkan memikul gempa rencana.

Struktur yang direncanakan diharapkan mampu bertahan oleh beban bolak-balik memasuki inelastis tanpa mengurangi kekuatan yang berarti. Karena itu selisih energi beban gempa harus mampu disebarkan dan diserap oleh struktur yang bersangkutan dalam bentuk deformasi.

### 2.1.1 Prinsip Kolom kuat Balok lemah

Berdasarkan prinsip kolom kuat balok lemah dimana kolom harus diberi cukup kekuatan, sehingga kolom tidak leleh lebih runtuh sebelum balok. Goyangan lateral memungkinkan terjadinya sendi plastis di ujung-ujung kolom yang kemudian akan menyebabkan kerusakan berat, karena itu harus dihindarkan. Oleh sebab itu kolom-kolom selalu didesain lebih kuat dari balok-balok di suatu hubungan balok kolom. Komponen rangka yang termasuk dalam klasifikasi komponen struktur yang terkena beban lentur dan aksial dalam harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Kuat lentur komponen strukturnya dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$\Sigma M_e \geq \left(\frac{6}{5}\right) \Sigma M_g$$

$$(M_{nt} + M_{nb}) \geq 6/5 (M_{nki} + M_{nka})$$

Dimana :  $\Sigma M_e$  = jumlah momen dimuka HBK sesuai dengan desain kuat lentur nominal kolom.

$M_g$  = jumlah momen dimuka HBK sesuai dengan desain kuat lentur nominal balok.

$M_{nt}$  = Momen kolom nominal top (atas)

$M_{nb}$  = Momen nominal kolom bawah

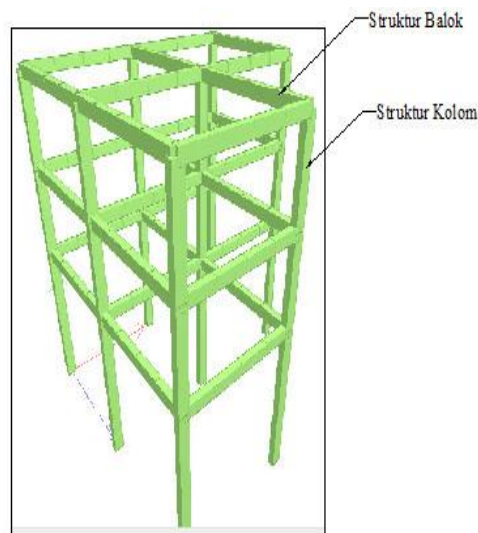


$M_{nki}$  = Momen nominal balok kiri

$M_{nka}$  = Momen nominal balok kanan

## 2.2. Struktur Rangka Terbuka

Struktur Rangka Terbuka adalah Struktur Rangka dimana, yang menjadi elemen struktur adalah struktur balok dan struktur kolom. Jadi pada struktur rangka terbuka ini hanya Balok dan Kolom yang menahan beban lateral. Pada struktur rangka terbuka, terdapat rangka ruang lengkap yang memikul beban gravitasi. Berikut contoh gambar struktur rangka terbuka.



**Gambar 2.1 Struktur Rangka Terbuka**

### 2.2.1 Struktur Balok

Balok adalah komponen struktur yang bertugas meneruskan beban yang disangga sendiri maupun dari plat kepada kolom penyangga. Balok menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya lenturan.

Berdasarkan jenis keruntuhan, keruntuhan yang terjadi pada balok dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Penampang *Balance*

Tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya dan akan hancur karena tekan. Pada saat awal terjadinya keruntuhan, regangan tekan yang diijinkan pada saat serat tepi yang tertekan adalah 0,003 sedangkan regangan baja sama dengan regangan lelehnya yaitu  $y = f_y / E_c$ .

2. Penampang *Over-Reinforced*

Keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada awal keruntuhan, regangan baja  $s$  yang terjadi masih lebih kecil daripada regangan lelehnya  $\epsilon_y$ . Dengan demikian tegangan baja  $f_s$  juga lebih kecil daripada tegangan lelehnya  $f_y$ . Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak daripada yang 8 diperlukan dalam keadaan *balanced*.

3. Penampang *Under-Reinforced*

Keruntuhan ditandai dengan terjadinya leleh pada tulangan baja. Kondisi penampang yang demikian dapat terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi *balanced*.

### 2.2.2. Struktur Kolom

Kolom Menurut SNI-2847-2013 adalah Struktur yang harus mampu menahan beban aksial dari beban terfaktor dan momen maksimum dari beban terfaktor. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengan kolom. Umumnya, kegagalan atau keruntuhan komponen desak bersifat mendadak, tanpa diawali dengan tanda peringatan yang jelas. Oleh karena itu,

merencanakan struktur kolom harus diperhitungkan secara cermat cadangan kekuatan yang lebih tinggi dari pada komponen struktur lainnya. Kolom tidak hanya menerima beban aksial vertikal, tetapi momen lentur, sehingga analisis kolom diperhitungkan untuk menyangga beban aksial desak dengan eksentrisitas tertentu. Yang harus diperhatikan dalam kolom adalah :

- Pada konstruksi rangka atau struktur menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar ataupun dalam harus diperhitungkan. Demikian pula pengaruh dari beban eksentris karena sebab lainnya juga harus diperhitungkan.
- Dalam menghitung momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjauh kolom dapat dianggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu (monolit) dengan komponen struktur lainnya.
- Dalam menghitung momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjauh kolom dapat dianggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu (monolit) dengan komponen struktur lainnya.

### 2.3 Struktur Tahan Gempa

Menurut Amriansyah Nasution dalam bukunya *Analisa dan desain Struktur Beton bertulang* Gempa yang menimbulkan pergerakan tanah merupakan dasar dari suatu system struktur akan bergerak dengan satu percepatan **a**. Apabila system struktur sangat kaku, besarnya gaya yang bekerja pada struktur sebesar  **$F = m \cdot a$**  dimana **m** adalah massa struktur. Besarnya beban gempapada suatu struktur tidak mengenal kepastian, dalam waktu, perioda kejadian maupun intensitasnya. Namun dapat dilakukan satu pendekatan dengan cara mempertimbangkan frekuensi

rata – rata pada suatu daerah berdasarkan data yang ada. Dengan anggapan bahwa gempa tertentu dengan intensitas terjadi dalam 500 tahun atau periode tertentu, akan memberikan dasar perencanaan system struktur tahan gempa walaupun data tidak tepat.

Struktur Tahan Gempa menurut SNI 2847:2013 memuat persyaratan untuk desain struktur beton bertulang dari suatu struktur dimana gaya desain, terkait dengan pergerakan gempa, telah ditentukan dengan disipasi energy dalam rentang respon non linier.

## **2.4 Desain Bangunan Tinggi Tahan Gempa**

Bangunan tinggi tahan gempa untuk bangunan yang tingginya tidak lebih dari 40 m, analisa struktur dilakukan dengan metode beban gempa static ekuivalen, dengan memperhatikan kondisi tanah struktur bangunan tersebut. Sementara untuk bangunan dengan tinggi lebih dari 40 m, analisa beban statik ekuivalen perlu di verifikasi analisis dinamik.

### **2.4.1 Zona Seismik**

Tiap struktur pada daerah Seismik harus direncanakan menahan gaya – gaya seismik dengan kemungkinan terjadinya pada perioda waktu tertentu. Ada 2 permasalahan :

1. Intensitas Maksimum yang terjadi
2. Perioda Ulang

Intensitas Maksimum yang mungkin terjadi akan sangat bergantung pada jarak lokasi struktur dari pusat gempa (*epicenter*). Semakin dekat dengan lokasi bangunan ke *Epicentre*, maka besar intensitas yang mungkin dialami oleh suatu

struktur. Selesai itu Kondisi tanah pun berpengaruh terhadap intensitas gempa yang terjadi.

#### **2.4.2 Analisa Perhitungan Beban Gempa**

Perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia melalui 2 tahap :

##### **1. Analisa Statik**

Analisa gaya – gaya dalam momen dan geser elemen struktur akibat gravitasi dan gaya seismic static ekivalen, yang kemudian dikaji kekauannya dan lendutannya.

##### **2. Analisis tanggap dinamis**

Di kaji terhadap gerakan gempa kuat yang mempunyai akselerasi maksimum pada intensitas maksimum yang diharapkan dari zona seismic. Analisis ini harus mendapatkan gaya-gaya dinamik yang sekurang kurangnya setara dengan analisis static ekivalen rencana sama juga dengan simpangan struktur harus berada pada batas izin. Jika tidak maka analisis static harus di revisi. Kombinasi pembebanan yang di kaji :

- a.  $U = 1,2 DL + 1,6 LL$
- b.  $U = 0,75 (1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 W)$
- c.  $U = 0,75 (1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 E)$
- d.  $U = 0,75 (1,2 DL + 1,6 LL_R + 0,6 E_X + 0,4 E_Y)$
- e.  $U = 0,75 (1,2 DL + 1,6 LL_R + 0,4 E_X + 0,6 E_Y)$

## **2.5 Pembebanan Komponen Struktur**

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan harus memenuhi peraturan-peraturan yang berlaku untuk mendapatkan suatu struktur bangunan yang aman secara konstruksi. Struktur bangunan yang direncanakan harus mampu menahan beban mati, beban hidup dan beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Menurut PBI 1983, pengertian dari beban-beban tersebut

### **2.5.1 Beban Mati**

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian (*finishing*), mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.

Berat material bangunan tergantung dari bahan jenis bangunan yang dipakai. Beban mati tambahan adalah beban yang berasal dari finishing lanantai (keramik, plester), beban dinding dan beban tambahan lainnya.

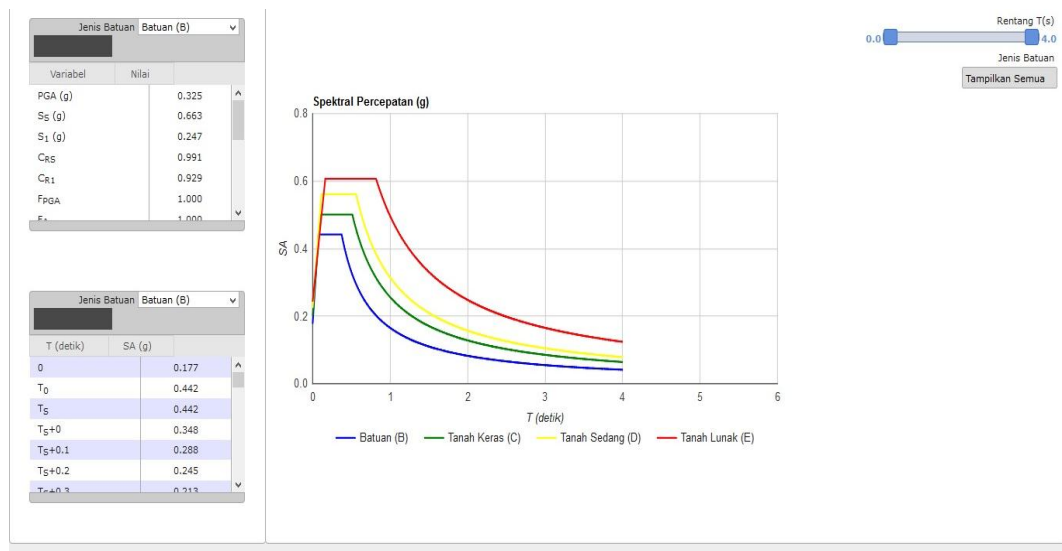
### **2.5.2 Beban Hidup**

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan atap dan lantai tersebut.

### 2.5.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja dalam gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu, maka yang diartikan dengan gempa disini ialah gaya gaya dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.

Berikut Data dari grafik Respon Spektra berdasarkan daerah dimana proyek di laksanakan.



**Gambar 2.2 Respon spectrum Gempa rencana**

Sumber : [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)

### 2.6 Kombinasi Pembebanan

Sesuai dengan ketentuan yang tertera dalam SNI 2847 – 2013, agar struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi dan gaya terfaktor.

## 2.7 Balok T

Pada konstruksi balok-T, bagian sayap dan badan balok harus dibuat menyatu (monolit) atau harus dilekatkan secara efektif sehingga menjadi satu kesatuan. Lebar pelat efektif sebagai bagian dari sayap balok-T tidak boleh melebihi seperempat bentang balok, dan lebar efektif sayap dari masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi:

- Delapan kali Tebal Plat, dan
- Setengah Jarak bersih antara balok-balok yang bersebelahan.

Untuk balok yang mempunyai pelat hanya pada satu sisi, lebar efektif sayap dari sisi badan tidak boleh lebih dari:

- Seperduabelas dari bentang balok
- Enam Kali tebal plat, dan
- Setengahjarak bersih antara balok – balok yang bersebelahan.

Balok-T tunggal, dimana bentuk T-nya diperlukan untuk menambah luas daerah tekan, harus mempunyai ketebalan sayap tidak kurang dari setengah lebar badan balok, dan lebar efektif sayap tidak lebih dari empat kali lebar badan balok. Bila tulangan lentur utama pelat, yang merupakan bagian dari sayap balok-T (terkecuali untuk konstruksi pelat rusuk), dipasang sejajar dengan balok, maka harus disediakan penulangan di sisi atas pelat yang dipasang tegak lurus terhadap balok berdasarkan ketentuan berikut :

- Tulangan transversal tersebut harus direncanakan untuk memikul beban terfaktor selebar efektif pelat yang dianggap berperilaku sebagai



kantilever. Untuk balok-T tunggal, seluruh lebar dari sayap yang membentang harus diperhitungkan. Untuk balok-T lainnya, hanya bagian pelat selebar efektifnya saja yang perlu diperhitungkan.

- Tulangan transversal harus dipasang dengan spasi tidak melebihi lima kali tebal pelat dan juga tidak melebihi 500 mm.

## **2.8 Perencanaan balok dengan tulangan Tekan dan Tarik (rangkap)**

Bila beban pada balok ditingkatkan dapat terjadi keruntuhan tiba-tiba karena hancurnya beton pada daerah tekan, resiko ini dapat diatasi dengan memasang tulangan tambahan baik pada daerah tekan, maupun pada daerah tarik (tulangan rangkap).

Bila  $\rho > \rho_{max}$  maka terdapat dua alternatif yaitu :

- a. Bila tidak memungkinkan, maka dipasang tulangan rangkap
- b. Sesuaikan ukuran penampang balok

Analisa penampang balok bertulang rangkap mengenai langkah-langkahnya analisa balok bertulang rangkap terdapat pada (Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang hal.95).

### **2.8.1 Balok Tulangan Rangkap**

Balok bertulangan rangkap adalah balok beton bertulang yang menggunakan baja tulangan pada bagian penampang yang menerima gaya tarik maupun tekan. Ada beberapa alasan yang mendorong penggunaan tulangan rangkap. Alasan yang paling utama adalah aspek deformasi jangka panjang yang terjadi mengikuti fungsi waktu, seperti halnya rangkai (creep) maupun susut (shrinkage). Keberadaan tulangan tekan

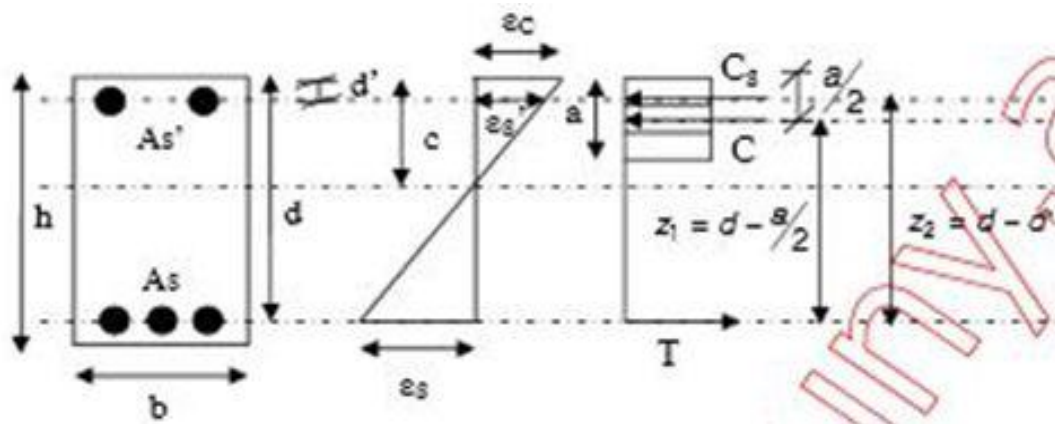
dalam kasus ini difungsikan untuk “membebaskan” beton dari tekanan yang berlangsung secara terus menerus. Kemungkinan bekerjanya gaya luar yang mengakibatkan timbulnya momen bolak-balik, misalnya saat bekerjanya gaya gempa juga merupakan alasan penting diterapkannya tulangan rangkap pada struktur beton bertulang.

Alasan yang lain lebih berkaitan dengan aspek arsitektural, dimana dituntut batasan ketinggian tertentu dalam penentuan dimensi balok, hal ini membawa konsekuensi dibutuhkan tulangan pada bagian tekan untuk menambah kapasitas momen. Alasan ini meskipun seringkali diterapkan di lapangan, sebenarnya dapat mengakibatkan beberapa konsekuensi yang tidak menguntungkan berkaitan dengan kinerja struktural.

Pertama, besarnya penambahan kapasitas penampang dengan penambahan tulangan rangkap tidak sebanding dengan harga yang harus dibayar sesuai dengan jumlah tulangan tekan yang harus dipasang. Kedua, aspek kelayakan yang berkaitan dengan lendutan sangat berpotensi munculnya lendutan yang cukup besar, karena balok dengan ketinggian yang kecil cenderung mengalami lendutan yang besar. Ketiga, balok dengan ketinggian yang relatif lebih kecil cenderung akan membutuhkan tulangan geser yang lebih besar sehingga dimungkinkan adanya kesulitan dalam pemasangan tulangan geser.

Dalam analisis dan perencanaan balok tulangan rangkap diperlukan prosedur hitungan yang berbeda dengan balok bertulangan tunggal. Pada balok bertulangan rangkap, kekuatan nominal penampang beton bertulang dianggap sebagai akumulasi dua momen kopel internal yang bekerja akibat adanya komponen gaya horisontal pada baja

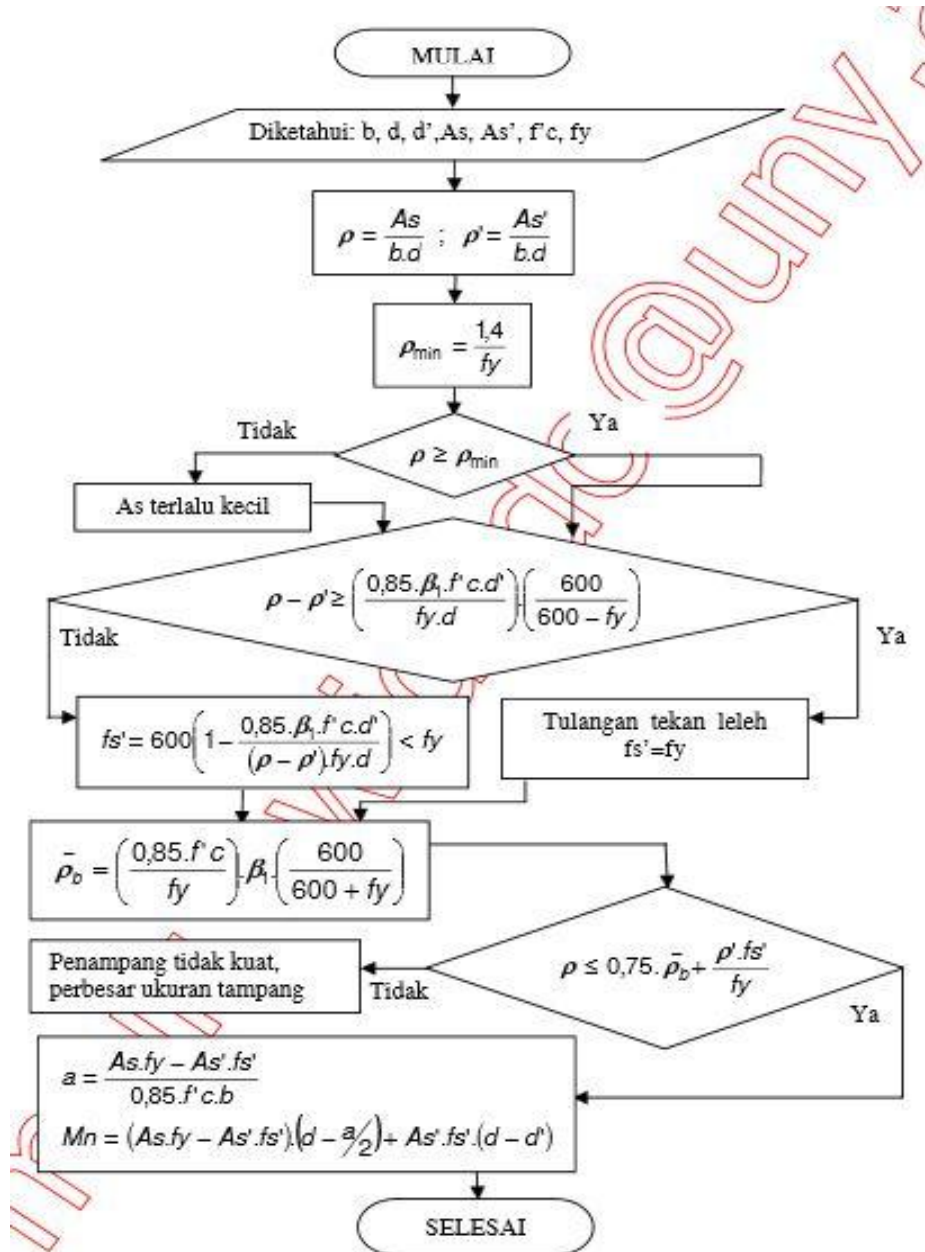
tulangan tarik (T), gaya tekan pada blok tegangan tekan ekuivalen beton (C), dan gaya tekan pada baja tulangan tekan (CS) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.3 Distribusi Tegangan dan Regangan Balok Persegi Bertulang Rangkap**

Sumber : [bahan teori/modul-struktur-beton-bab-4 0.pdf](#)

Sedangkan langkah-langkah yang harus dilakukan dalam perencanaan balok persegi baik dengan tulangan tunggal maupun tulangan rangkap disajikan pada Gambar(2.9).



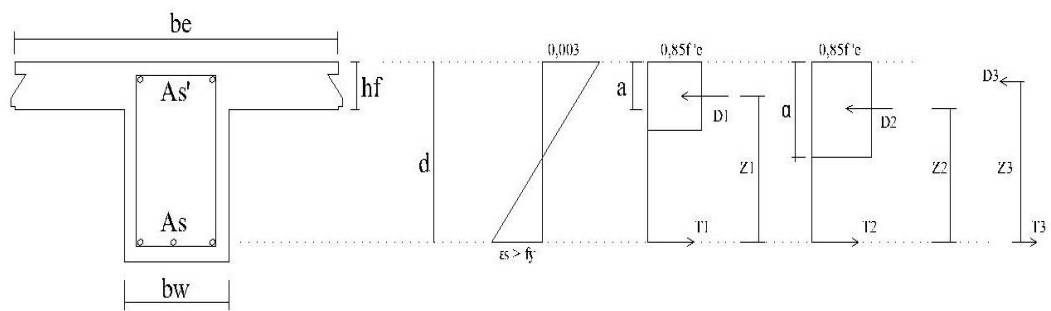
**Gambar 2.4 Bagan Alir Analisa Balok Persegi Bertulang Rangkap**

Sumber : [bahan teori/modul-struktur-beton-bab-4\\_0.pdf](#)

### 2.8.2 Balok T Tulangan Rangkap

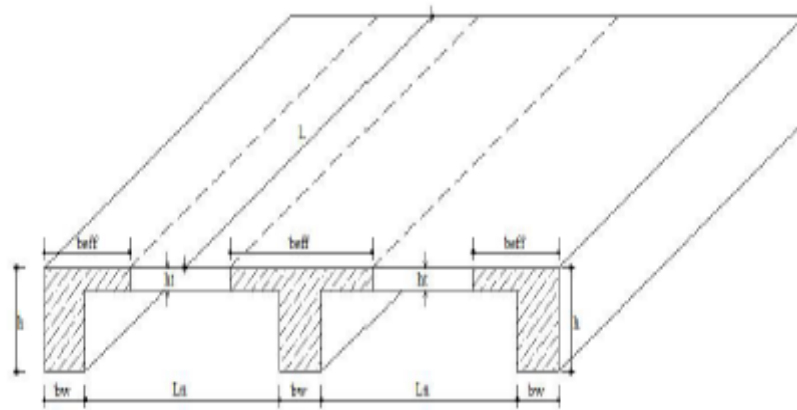
Perencanaan balok T tulangan rangkap adalah proses menentukan dimensi tebal dan lebar flens. Lebar dan tinggi efektif balok, dan luas tulangan baja tarik. Balok T juga didefinisikan sebagai balok yang menyatu dengan plat, dimana plat tersebut mengalami tekanan.

1. Tentukan tulangan tarik dan tekan
2. Hitung nilai  $d' = \text{tebal selimut beton} + \text{diameter sengkang} + \frac{1}{2} \times \text{diameter tulangan tarik}$ . Setelah itu hitung  $d = h - d'$ .



**Gambar 2.5 Diagram Tegangan Balok T**

Lebar Plat efektif yang di perhitungkan bekerja sama dengan rangka momen lentur di tentukan sebagai berikut :



**Gambar 2.6 Gambar Lebar Plat efektif balok T**

### 2.8.3 Perhitungan Balok T dan Balok L

Menurut Pasal 8.12 SNI 2847 - 2013 batasan menentukan nilai ( $b_f$ ) lebar efektif balok T adalah :

Jika balok mempunyai plat dua sisi.

Lebar efektif di ambil nilai terkecil dari :

$$B_{eff} \leq \frac{1}{4} L$$

$$B_{eff} \leq b_w + 8 h_t \text{ (kiri)} + 8 h_t \text{ (kanan)}$$

$$B_{eff} \leq b_w + \frac{1}{2} L_n \text{ (kiri)} + \frac{1}{2} L_n \text{ (Kanan)}$$

Dimana :

$B_{eff}$  = lebar efektif balok (mm)

$L$  = bentang balok (mm)

$t$  kiri = tebal plat sisi kiri (mm)

$t$  kanan = tebal plat sisi kanan (mm)

$L$  kiri = jarak bersih ke badan sebelah kiri (mm)

$L$  kanan = jarak bersih ke beban sebelah kanan (mm)

Menurut Pasal 8.12 SNI 2847 - 2013 batasan menentukan nilai ( $b_f$ ) lebar efektif balok  $L$  adalah :

$$B_{eff} \leq l/12l$$

$$B_{eff} \leq b_w + 6 + t$$

$$B_{eff} \leq b_w + \frac{1}{2}L$$

Dimana :

$B_{eff}$  = lebar efektif balok (mm)

$l$  = bentang balok (mm)

$t$  = tebal plat sisi kiri (mm)

$L$  = jarak bersih ke badan sebelah kiri (mm)

#### **2.8.4 Tulangan minimum pada komponen struktur lentur**

Untuk tulangan minimum agar menghindari terjadinya kahancuran getas pada balok, maka SNI 2847-2013 pada halaman 76 juga mengatur jumlah minimum tulangan yang harus terpasang pada balok, yaitu :

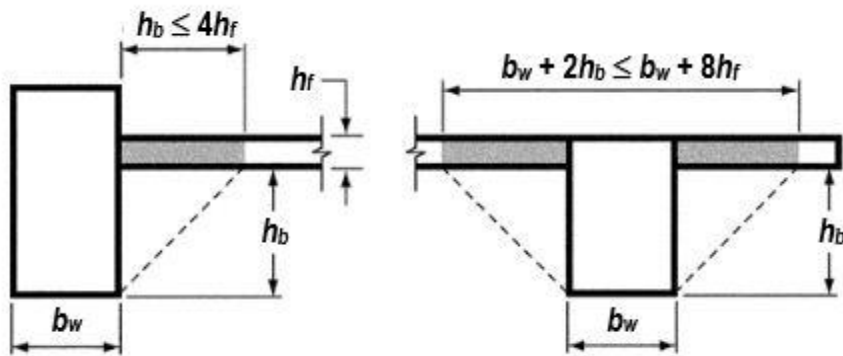
$$A_s \min = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{4.f_y} \cdot b_w \cdot d \text{ dan tidak lebih kecil dari } A_s \min = \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

Untuk tulangan maksimum ada persyaratan bahwa balok atau komponen struktur lain yang menerima beban lentur murni harus bertulang lemah (under

reinforced) SNI 2847-2013 memberikan batasan tulangan tarik maksimum sebesar 75% dari yang diperlukan pada keadaan regang seimbang.  $A_s \text{ maks} = 0,75 \rho_b$ .

$$A_s \text{ maks} = 0,75 \left( \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.2.4, Untuk konstruksi monolit atau komposit penuh, suatu balok mencakup bagian slab pada setiap sisi balok yang membentang dengan jarak yang sama dengan proyeksi balok di atas atau di bawah slab tersebut, yang mana yang lebih besar, tetapi tidak lebih besar dari empat kali tebal slab (Gambar S13.2.4).



**Gambar 2.7 Contoh bagian slab yang disertakan dengan balok menurut 13.2.4**

(SNI 2847-2013 halaman 128)



### 2.8.5 Perencanaan Balok terhadap geser

Dari keempat kombinasi diatas maka diambil nilai  $M_u$  yang paling besar .  
Balok persegi memiliki tulangan rangkap apabila momen yang harus ditahan cukup besar dan  $A_s \text{ perlu} > A_s \text{ maks.}$

Kuat geser pada struktur yang mengalami lentur SNI 2013 Pasal 11.1.1

$$\phi V_u \geq V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada penampang yang ditinjau

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan pada penampang yang ditinjau

$V_n$  = kuat geser nominal pada penampang yang ditinjau

Gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) ditinjau pada penampang sejarak ( $d$ ) dari muka tumpuan dan untuk penampang yang jaraknya kurang dari  $d$  dapat direncanakan sama dengan pada penampang yang sejarak  $d$ .

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton sesuai dengan SNI 2013

Pasal

11.2.1.1 :

untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} B_w d$$

untuk komponen yang dikenai gaya aksial saja

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} B_w d$$

Dimana :

$b_w$  = lebar badan balok

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal

Ada 2 keadaan :

Bila  $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$ , maka harus di pasang tulangan geser minimum dengan luas tulangan :

$$A_v = \frac{b_w \cdot S}{3 \cdot f_y}$$

Dan bila  $V_u > \phi V_c$ , maka harus dipasang tulangan geser, sedangkan besar gaya geser yang disumbangkan oleh tulangan adalah :

$$A_v = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

Dimana :

$A_v$  = Luas tulangan geser dalam daerah sejarak  $S$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$N$  = Jumlah kaki pada sengkang

$S$  = Spasi Tulangan geser dalam arah parallel dengan tulangan longitudinal

sedangkan untuk spasi sengkang adalah :

$$S \leq \frac{1}{2} d$$

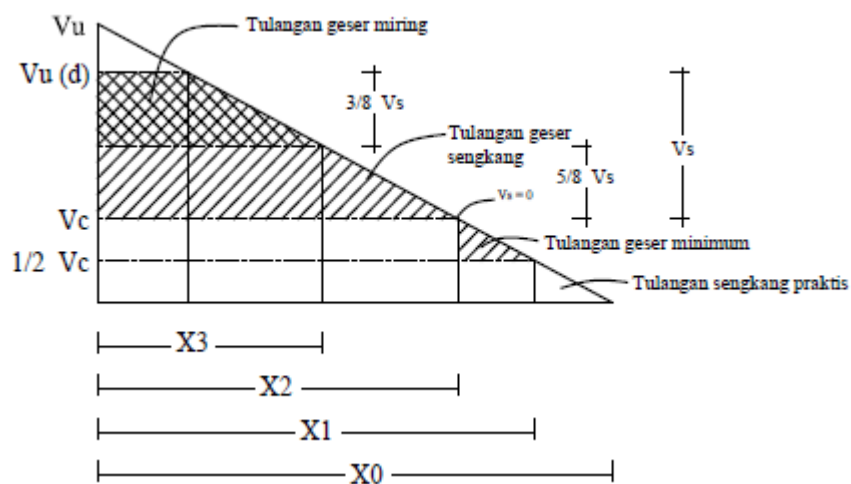
$$S \leq 600 \text{ mm}$$

Sedangkan bila  $V_s > \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{3}\right) b w d$

$$S \leq \frac{1}{4} d$$

$$S \leq 300 \text{ mm}$$

Dalam hal ini  $V_s$  tidak boleh lebih besar dari  $\left(\frac{2}{3}\right) \sqrt{f_c'} b w d$



**Gambar 2.8 Diagram Geser dan Daerah Penempatan Tulangan Geser**

Keterangan Gambar :

$XO = \frac{1}{2}$  bentang atau jarak dari perletakan ke suatu titik dimana  $V_u = 0$

X1 = daerah yang harus dipasang tulangan geser

X2 = daerah yang harus di pasang tulangan geser yang diperlukan

X3 = daerah untuk tulangan geser miring

Ada beberapa Kondisi dalam menghitung tulangan geser :

1. Bila  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$  maka pada kondisi ini tidak diperlukan tulangan geser.
2. Bila  $\phi V_c > V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$  maka pada kondisi ini dipasang tulangan geser minimum.
3. Bila  $\phi V_c > V_u > \phi (5/6 \sqrt{f_c''} \cdot bw.d)$  maka diperlukan tulangan geser.
4. Bila  $\phi v_u > \phi (5/6 \sqrt{f_c'} \cdot bw.d)$  maka dimensi diperbesar
5. Dimana :  $(V_c + V_s maks) = (1/6 + 2/3) \sqrt{f_c'} \cdot bw.d = 5/6 \sqrt{f_c'} \cdot bw.d$

## 2.9 Perancangan Kolom Portal terhadap lentur dan aksial

Kolom-kolom di dalam sebuah konstruksi meneruskan beban dari balok dan plat-plat ke bawah sampai kepondasi, dan kolom-kolom merupakan bagian konstruksi tekan, meskipun mereka mungkin harus pula menahan gaya-gaya lentur akibat kontinuitas konstruksi.

- Momen Ultimit ( $M_u$ )

Dari perhitungan statika Momen

- Beban aksial terfaktor, normal terhadap penampang ( $P_u$ )

Dari perhitungan statika gaya normal.

- Menurut SNI-2847-2013 pasal 11.5.3.7, luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non komposit tidak boleh kurang dari

$$A_{\ell} = A_t / S_{Ph} \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta$$

- Rasio tulangan untuk komponen yang dibebani kombinasi lentur dan aksial tekan menurut SNI-2847-2013 :

$$\rho < 0,75 \rho_b$$

$\rho_b$  = rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang

Maka dapat dihitung luas tulangan

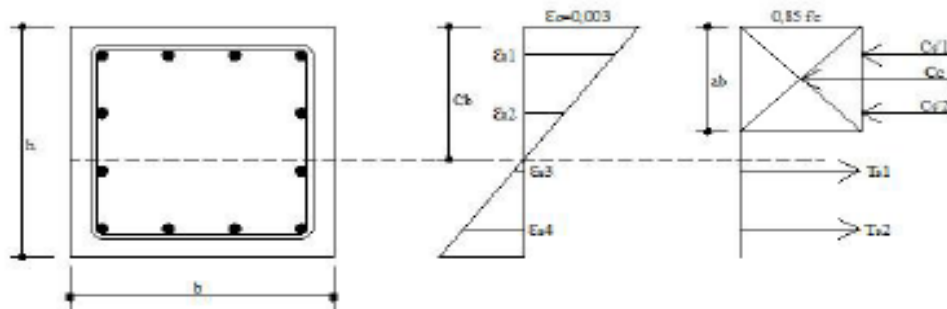
$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Dimana :

$d$  = jarak dari serat sengkang terluar ke pusat tulangan tarik (mm)

$b$  = lebar kolom (mm)

$A_s$  = luas tulangan tarik (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 2.9 Tegangan dan gaya – gaya pada Kolom**

Tinggi blok tegangan tekan keadaan berimbang

$$ab = \beta_1 \cdot cb$$

Dimana :

$\beta_1$  = faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekivalen

$cb$  = keadaan keseimbangan regangan

Regangan tekan baja ( $\epsilon_s''$ )

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} \epsilon_c'$$

Dimana :

$\epsilon_c'$  : regangan tekan beton = 0,003

- Jika  $\epsilon_s' > \epsilon_y$ , maka kondisi baja tekan “leleh” sehingga tegangan tekan baja  $f_s' = f_y$ .
- Jika  $\epsilon_s' < \epsilon_y$ , maka kondisi baja tekan “belum leleh” sehingga tegangan tekan baja  $f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$ .

Dimana :

$\epsilon_y$  = regangan luluh

=  $E_s F_y$

$E_s$  = Modulus elastisitas baja

Kuat beban aksial nominal

$$P_{nb} = 0,85.f_c'.ab.b + A_s'.f_y - A_s.f_y(d-y)$$

$$M_{nb} = P_{ne}$$

$$M_{nb} = 0,85.f_c'.b.a \left( y - \frac{ab}{2} \right) + A_s'.f_s.(y-d') + A_s.f_y(d-y)$$

- Jika  $\phi P_{nb} > P_u$ , maka kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan tarik.
- Jika  $\phi P_{nb} < P_u$ , maka kolom akan mengalami hancur dengan diawali beton didaerah tekan.

Pemeriksaan kekuatan Penampang :

$$P_n = \frac{A_s'.f_y}{\left( \frac{d-d'}{d} \right) + 0,50} + \frac{b.h.f_c'}{\frac{2h.e}{d^2} + 1,10}$$

Jika  $\phi P_{nb} > P_u$ , maka penampang kolom memenuhi persyaratan.

Pemeriksaan tegangan pada tulangan :

$$a = \frac{Pn}{0,85.f'c'b}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta}$$

$$f_s' = 0,003 E_s \cdot \frac{(c-d')}{c}$$

### 2.9.1 Kolom Eksentrisitas Kecil

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang berfungsi untuk menyangga beban aksial tekan vertikal dengan eksentrisitas tertentu yang mana bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Jika nilai eksentrisitas  $e = \frac{M}{P} \leq e_{min}$ , maka kolom tersebut dikategorikan sebagai kolom dengan eksentrisitas kecil, yang mana harga  $e$  minimum adalah  $0,01 h$  jika menggunakan pengikat sengkang dan  $0,05 h$  jika menggunakan pengikat spiral.

Analisis kolom dengan beban aksial eksentrisitas kecil pada hakekatnya adalah pemeriksaan terhadap kekuatan maksimal bahan yang tersedia, yaitu :

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$$

Yang mana harga tersebut harus berkisar  $0,01 \leq \rho_g \leq 0,08$ , sehingga kuat beban aksial maksimum adalah sebagai berikut:

$$\phi P_n = 0,85 \phi \{ 0,85 f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \} \rightarrow \text{pengikat spiral}$$

$$\phi P_n = 0,80 \phi \{ 0,85 f'c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \} \rightarrow \text{pengikat sengkang}$$

### 2.9.2 Kolom Eksentrisitas Besar

Jika nilai eksentrisitas  $e = \frac{M}{P} \geq e_{min}$ , maka pada analisis selanjutnya, harus membandingkan nilai  $P_n$  dan  $M_n$ ,  $P_b$  dan  $M_b$ . Keadaan seimbang adalah pada saat regangan beton mencapai 0.003 dan bersamaan pula tegangan pada batang tulangan mencapai leleh.

Dengan definisi :

$P_b$  = Kuat beban aksial nominal pada keadaan seimbang

$c_b$  = jarak dari serat tepi tekan ke garis netral keadaan seimbang

Maka berdasarkan diagram diagram regangan tegangan keadaan seimbang dapat diperoleh:

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b$$

$$P_b = D_1 + D_2 - T$$

$$M_{nb} = P_b e_b$$

Jika  $P_u < P_b$ , maka model keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik sehingga kapasitas penampang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \left\{ \left(1 - \frac{e'}{d}\right) + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d}\right)^2 + 2m\rho\left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \right\}$$

Jika  $P_u > P_b$ , maka model keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tekan sehingga kapasitas penampang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_n = \phi \left[ \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{d - d'} + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3he}{d^2} + 1,18} \right]$$



### 2.9.3 Penulangan Kolom

- Momen Ultimit ( $M_u$ )

Dari perhitungan statika momen

- Beban aksial terfaktor, normal terhadap penampang ( $P_u$ )

Dari perhitungan statika gaya normal

- Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non komposit tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas bruto penampang  $A_g$  (1%-8%  $A_g$ ). Penulangan yang lazim digunakan antara 1,5%-3%. Kuat beban aksial maksimum dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\phi P_n = 0,85 \phi \{0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y . A_{st}\} \rightarrow \text{pengikat spiral}$$

(Rachmat Purwono, Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, hal.91)

- Rasio tulangan tarik yang diperlukan kolom

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Dengan nilai  $d = h - d'$ , maka dapat dihitung luas tulangan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Dimana :

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)

$d'$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)

$h$  = tinggi kolom (mm)

$b$  = lebar kolom (mm)

$A_s$  = luas tulangan tarik ( $mm^2$ )

$$\rho = \frac{A_{s_{ada}}}{b \cdot d} > 0,01$$

- Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

$d = h$  - selimut beton -  $\emptyset$  sengkang -  $\frac{1}{2} \emptyset$  tulangan pokok

$$d' = h - d$$

Perhitungan luas tulangan yang diperlukan ( $A_s$  Perlu)

$$A_g = b \cdot h$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot A_g$$

Perhitungan beban sentris

Beban sentris

$$P_o = 0,85 \cdot f'_c (A_g - A_s \text{ ada}) + f_y \cdot A_s \text{ ada}$$

$$P_n = 0,80 \cdot P_o$$

$$\Phi P_n = 0,65 \times P_n$$

Perhitungan gaya yang bekerja :

Kondisi seimbang

$$cb = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$ab = cb \cdot \beta$$

Jarak antar tulangan (x)

$$\frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{jumlah interval tulangan}}$$

$$NDD = 0,85 \cdot f'_c \cdot ab \cdot b$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{cb - d'}{cb} \times \epsilon_{c'}$$

$$ND_1 = \text{luas tulangan daerah atas baris pertama} \times \text{kuat leleh baja } (f_y) \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{cb - (d' + x)}{cb} \times \epsilon_{c'}$$

$$ND_2 = \text{luas tulangan pada baris ke dua dari atas} \times f_s \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{S3} = \frac{(d' + 2x) - cb}{cb} \times \epsilon_c'$$

**NT<sub>2</sub>** = luas tulangan pada baris ke dua dari atas x fs x 10<sup>-3</sup>

$$\epsilon_{S4} = \frac{(d' + 3x) - cb}{cb} \times \epsilon_c'$$

**NT<sub>1</sub>** = luas tulangan pada baris ke dua dari atas x fs x 10<sup>-3</sup>

$$P_{nb} = ND_D + ND_1 + ND_2 - NT_2 - NT_1$$

$$M_{nb} = NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND_1 + NT_1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(ND_2 + NT_2)(h/2 - (d' + x))\}$$

Kondisi seimbang dengan 1,25 fy

$$cb = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$ab = cb \cdot \beta$$

$$ND_D = 0,85 \cdot f_c \cdot ab \cdot b$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_{S1} = \frac{cb - d'}{cb} \times \epsilon_c'$$

**ND<sub>1</sub>** = luas tulangan daerah atas baris pertama x fs x 10<sup>-3</sup>

$$\epsilon_{S2} = \frac{cb - (d' + x)}{cb} \times \epsilon_c'$$

**ND<sub>2</sub>** = luas tulangan daerah atas baris pertama x fs x 10<sup>-3</sup>

$\epsilon_{s4}$	=	$\frac{(d' + 3x) - cb}{cb}$	x	$\epsilon_{c'}$
-----------------	---	-----------------------------	---	-----------------

---

**NT<sub>1</sub>** = luas tulangan pada baris ke dua dari atas x fs x 10<sup>-3</sup>

Pnb	=	ND <sub>D</sub>	+	ND <sub>1</sub>	+	ND <sub>2</sub>	-	NT <sub>2</sub>	-	NT <sub>1</sub>
-----	---	-----------------	---	-----------------	---	-----------------	---	-----------------	---	-----------------

Mnb	=	NDD(h/2 - ab/2) + {(ND <sub>1</sub> + NT <sub>1</sub> ). (h/2 - d')} + {(ND <sub>2</sub> + NT <sub>2</sub> ). (h/2 - (d' + x))}								
-----	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--

Kondisi seimbang dengan 1,25 fy

cb	=	$\frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$
----	---	---------------------------------

$$ab = cb \cdot \beta$$

$$ND_D = 0,85 \cdot f'_c \cdot ab \cdot b$$

$\epsilon_y$	=	$\frac{f_y}{E_s}$
--------------	---	-------------------

$\epsilon_{s1}$	=	$\frac{cb - d'}{cb}$	x	$\epsilon_{c'}$
-----------------	---	----------------------	---	-----------------

**ND<sub>1</sub>** = luas tulangan daerah atas baris pertama x fs x 10<sup>-3</sup>

$\epsilon_{s2}$	=	$\frac{cb - (d' + x)}{cb}$	x	$\epsilon_{c'}$
-----------------	---	----------------------------	---	-----------------

**ND<sub>2</sub>** = luas tulangan daerah atas baris pertama x fs x 10<sup>-3</sup>

$\epsilon_{s4}$	=	$\frac{(d' + 3x) - cb}{cb}$	x	$\epsilon_{c'}$
-----------------	---	-----------------------------	---	-----------------

---

**NT<sub>1</sub>** = luas tulangan pada baris ke dua dari atas x fs x 10<sup>-3</sup>

Pnb	=	ND <sub>D</sub>	+	ND <sub>1</sub>	+	ND <sub>2</sub>	-	NT <sub>2</sub>	-	NT <sub>1</sub>
-----	---	-----------------	---	-----------------	---	-----------------	---	-----------------	---	-----------------

$$\Phi Pnb = 0,7 \times Pnb$$

Mnb	=	$NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND1+NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND2+NT2)(h/2 - (d'+x))\}$
-----	---	--

$$\Phi Mnb = 0,7 \times Mnb$$

$$eb = \frac{Mnb}{Pnb}$$

## 2.10 Hubungan Balok Kolom (HBK)

Persyaratan umum hubungan balok kolom (SNI -2847 -2013) :

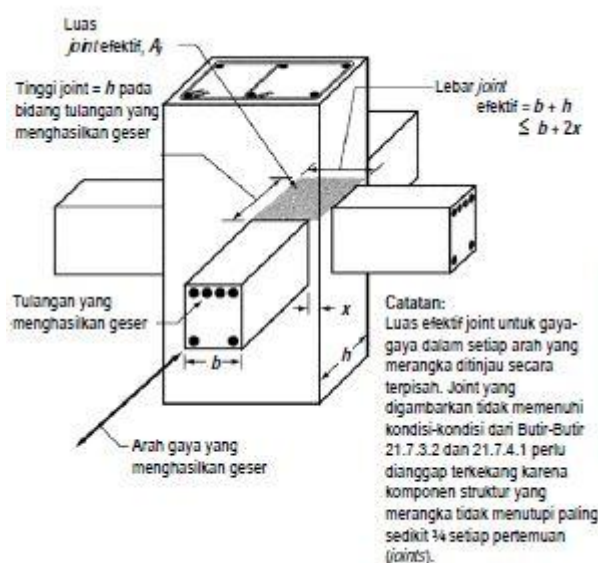
- Gaya – gaya pada tulangan balok longitudinal di muka joint harus di tentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan Tarik lentur adalah  $1,25f_y$ .
- Tulangan longitudinal balok yang dihentikan dalam suatu kolom harus diteruskan ke muka jauh inti kolom terkekang dan di angkur dalam kondisi Tarik menurut 21.7.5 dan dalam kondisi tekan menurut pasal 12.
- Bila tulangan balok longitudinal menerus melauai join balok kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar untuk beton normal (*normal weight*). Untuk beton ringan dimensinya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter batng tulangan.

### Tulangan Transversal

Tulangan transversal joint harus memenuhi salah satu dari 21.6.4(a) atau 21.6.4.4(b), dan harus juga memenuhi 21.6.4.2, 21.6.4.3 dan 21.6.4.7 kecuali seperti diizinkan dalam 21.7.3.2.

Bilamana komponen – komponen struktur merangka ke dalam semua empat sisi joint dan bialaman setiap lebar komponen struktur adalah paling sedikit tiga perempat lebar kolom, jumlah tulangan yang ditetapkan dalam 21.6.4.4(b) diizinkan untuk direduksi dengan setengahnya, dan spasi yang diisyaratkan dalam 21.6.4.3 diizinkan untuk ditinggalkan sampai 150 mm dalam tinggi keseluruhan  $h$  komponen struktur rangka yang terpendek.

Suatu balok yang merangka ke dalam suatu muka dianggap memberikan pengekanan pada joint bila balok tersebut menutupi paling sedikit tiga perempat muka joint. Perpanjangan balok paling sedikit satu kali tinggi balok keseluruhan  $h$  melewati muka joint diizinkan untuk dianggap mencukupi untuk mengekan muka joint tersebut. Perpanjangan balok harus memenuhi 21.5.1.3, 21.5.3.2, 21.5.3.3, dan 21.5.3.6.



**Gambar 2.10 Luas Joint efektif**

Luas joint efektif ( $A_j$ ) adalah luas penampang efektif dalam suatu joint yang di hitung dari tinggi joint kali lebar joint efektif. Tinggi joint harus merupakan tinggi keseluruhan kolom,  $h$ . Lebar joint efektif harus merupakan lebar keseluruhan kolom, kecuali bilamana suatu balok merangka ke dalam suatu kolom yang lebih lebar, lebar joint efektif harus merupakan lebar keseluruhan kolom, kecuali bilamana suatu balok merangka ke dalam suatu kolom yang lebih lebar, lebar joint efektif tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari (a) dan (b) :

- (a) Lebar balok ditambah tinggi joint
- (b) Dua kali jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom.

Panjang penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik:

1. Untuk ukuran batang tulangan  $\phi$ -10 sampai D-36, panjang penyaluran  $\ell_{dh}$ , dengan kait 90 derajat standar pada beton normal  $\geq 8d_b$ , 150 mm, dan panjang yang disyaratkan oleh:

$$\ell_{dh} = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f'_c}}$$

2. Untuk ukuran batang tulangan  $\phi$ -10 sampai D-36, panjang penyaluran dalam kondisi tarik untuk batang tulangan lurus tidak boleh lebih besar dari 2,5 kali panjang yang disyaratkan, tinggi beton yang dicetak  $< 300$  mm dan 3,25 kali panjang yang disyaratkan, tinggi beton yang dicetak  $> 300$  mm.
3. Apabila bagian  $\ell_d$  tidak dalam inti terkekang harus ditingkatkan dengan faktor sebesar 1,6 kali.



## **BAB III**

### **METODOLOGI PERENCANAAN**

#### **3.1 Data-data Perencanaan**

##### **3.1.1 Data Bangunan**

- Nama Gedung : Hotel Aria Centra Surabaya
- Lokasi Bangunan : Jl. Taman A.I.S Nasution no.37  
Surabaya
- Fungsi : Hotel
- Jumlah Lantai : 16 Lantai + Atap
- Luas Bangunan : 1.008 m<sup>2</sup>
- Tinggi Gedung : 58 meter
- Tinggi tiap lantai bangunan
  - Pondasi ke lantai 1 : 5,5 meter
  - Lantai 1 : 5,5 meter
  - Lantai 2 sampai 16 : 3,5 meter
- Struktur bangunan : Beton Bertulang
- Struktur pondasi : Pondasi Tiang Pancang

#### **3.2 Mutu Bahan yang Digunakan**

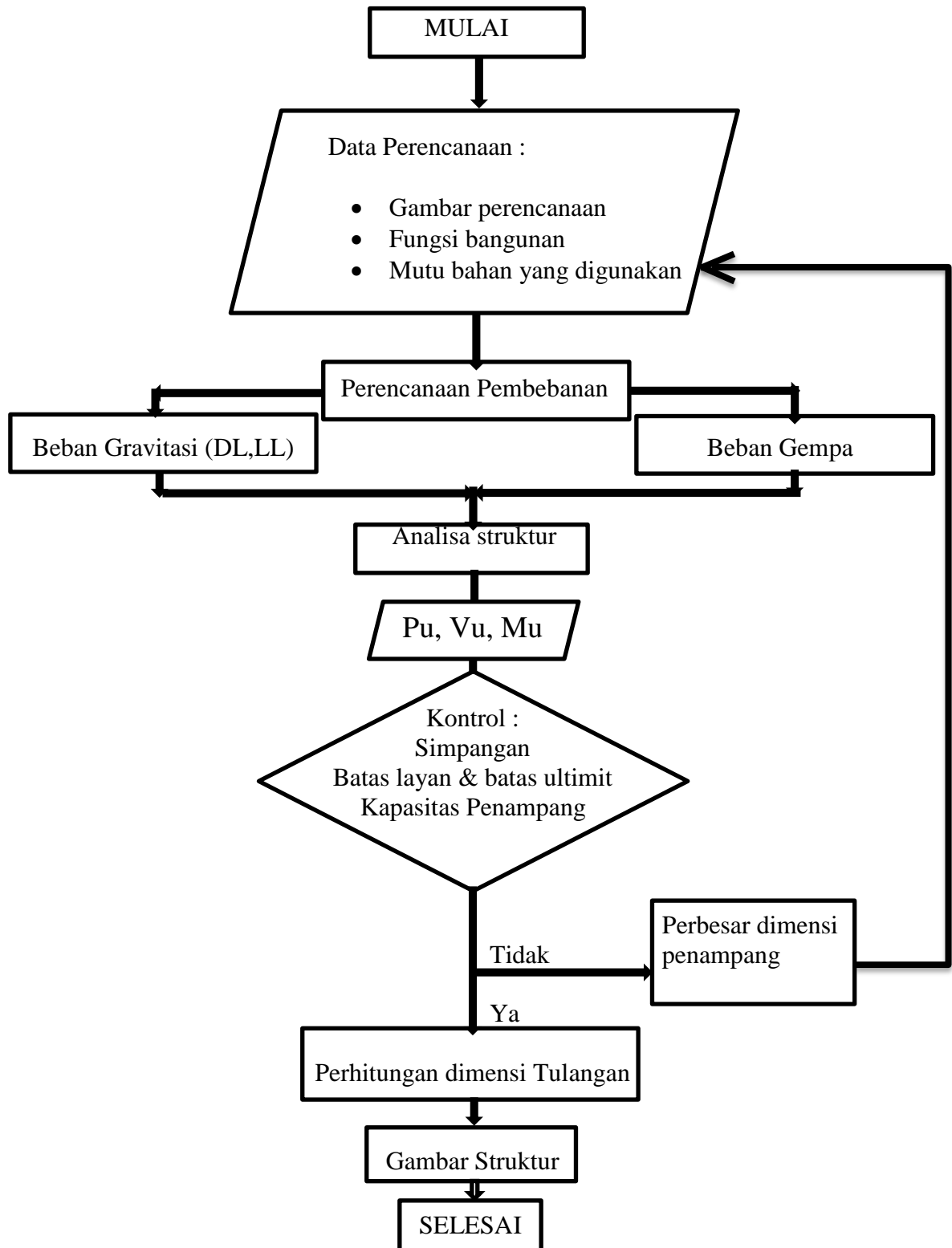
Dalam perencanaan hotel ini mutu bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Mutu beton ( $f_c$ ) : 35 Mpa
- Mutu baja ulir ( $f_y$ ) : 400 MPa

- Mutu baja polos ( $f_y$ ) : 240 Mpa
- Modulus Elastisitas Beton :  $E = 4700 \times \sqrt{f_c}$   
 $= 4700 \times \sqrt{35}$   
 $= 27805,57498 \text{ Mpa}$   
 $= 2,780557498 \times 10^9 \text{ kg/m}$

### 3.3 Bagan Alir pengerjaan

Alur metodologi untuk perencanaan pembangunan hotel Aria centra Surabaya, jika digambarkan dalam sebuah diagram Metodologi adalah sebagai berikut :



### 3.4 Perencanaan Dimensi Plat, Balok dan Kolom

#### 3.4.1 Perencanaan Dimensi Plat

Untuk Perencanaan pembangunan Hotel aria Centra Surabaya, dimensi plat menggunakan dimensi 12 cm.

#### 3.4.2 Perencanaan Dimensi Balok

Dimensi Balok yang digunakan :

Bentang 9,5 m

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L = \frac{1}{10}950 - \frac{1}{15}950$$

$$= 95 \text{ cm} - 63.333 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi } 80 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{2}80 - \frac{2}{3}80$$

$$= 40 \text{ cm} - 53.333 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi } 40 \text{ cm}$$

Jadi, untuk bentang 9,5 m dipakai dimensi balok 40/80

Bentang 8 m

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L = \frac{1}{10}800 - \frac{1}{15}800$$

$$= 80 \text{ cm} - 53.333 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi } 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{2}60 - \frac{2}{3}60$$

$$= 30 \text{ cm} - 40 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi } 40 \text{ cm}$$

Jadi, untuk bentang 8 m dipakai dimensi balok 40/60

Bentang 7,5 m

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L = \frac{1}{10}750 - \frac{1}{15}750$$

= 75 cm – 50cm ..... Dipakai dimensi 60 cm

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{2}60 - \frac{2}{3}60$$

= 30 cm – 40 cm ..... Dipakai dimensi 40 cm

Jadi, untuk bentang 8 m dipakai dimensi balok 40/60

### **3.4.3 Perencanaan Dimensi Kolom**

Dimensi kolom direncanakan berukuran :

- 100/70

### 3.5 Perhitungan Pembebanan

#### 3.5.1 Beban Mati

a. Beban Sendiri

b. Beban tembok

- Tembok lantai 3 setinggi 3.5 m dengan tebal setengah batu

Berat tembok = tinggi tembok x berat jenis (sesuai PPIUG 1983)

$$= 3.5 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$$

$$= 875 \text{ kg/m}$$

c. Beban urukan pasir bawah keramik ( $t = 5 \text{ cm}$ )

Beban urukan pasir = Tebal urukan pasir x berat jenis

$$= 0.05 \times 1600 \text{ Kg/m}^3$$

$$= 80 \text{ Kg/m}^2$$

d. Beban keramik + adukan ( $t = 3 \text{ cm}$ )

Beban keramik = tebal (keramik+adukan) x berat jenis

$$= 0.03 \times 2200 \text{ Kg/m}^3$$

$$= 66 \text{ Kg/m}^2$$

e. Beban plafon dan rangka plafon

Beban plafon = Berat plafon + berat penggantung

$$= 11 \text{ kg/m}^2 + 7 \text{ kg/m}^2$$

$$= 18 \text{ kg/m}^2$$

f. Berat ME

$$\text{Berat ME} = 35 \text{ kg/m}^2$$

Berikut Tabel perhitungan perlantai :

**Beban Atap**

Diketahui :

- Tebal Plat Lantai = 0.12 m
- Luas Bangunan = 1008.00 m<sup>2</sup>
- Panj
- ang (x) = 47.00 m
- Leb
- ar (y) = 17.50 m
- Dimensi Balok Arah x = Lebar = 0.40 m      Tinggi = 0.60 m
- Dimensi Balok Arah y = Lebar = 0.40 m      Tinggi = 0.60 m
- Dimensi Kolom = Lebar = 1.40 m      Tinggi = 0.70 m
- Lebar = 0.60 m      Tinggi = 0.40 m
- Tinggi Lantai = 3.50 m
- Tinggi Kolom = 1.70 m
- Dinding Arah x = Lebar = 0.15 m      Tinggi = 1.70 m
- Dinding Arah y = Lebar = 0.15 m      Tinggi = 1.70 m
- Berat Jenis Beton = 2400.00 Kg/m<sup>3</sup>
- Berat Eternit = 11.00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Penggantung = 7.00 Kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Atap = 96.00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Jenis Air = 1000.00 Kg/m<sup>3</sup>
- Tinggi genangan Air = 0.05 m
- Koefisien Reduksi = 0.50

• **Beban Mati**

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Jmlh	Beban Mati
Berat Plat Lantai ROOF =	0.12	8.00	23.00	2400.00	1	= 53191.0 Kg
Berat Balok Arah x =	0.40	0.48	89.56	2400.00	1	= 41269.2 Kg
Berat Balok Arah y =	0.40	0.48	28.00	2400.00	1	= 12902.4 Kg
Berat Kolom 140/70 =	1.40	0.70	1.75	2400.00	6	= 24696.0 Kg
Berat Kolom 60/40 =	0.60	0.40	1.75	2400.00	6	= 6048.0 Kg
Berat Dinding Arah X1 =	0.15	1.15	42.70	250.00	1	= 1841.4 Kg
Berat Dinding Arah X2 =	0.15	1.15	44.70	250.00	1	= 1927.7 Kg
Berat Dinding Arah YA =	0.15	1.15	5.20	250.00	1	= 224.3 Kg

Berat Dinding Arah YB	=	0.15	1.15	6.00	250.00	1	=	258.8 Kg
Berat Dinding Arah YC	=	0.15	1.15	5.40	250.00	1	=	232.9 Kg
Berat Dinding Arah YD	=	0.15	1.15	5.40	250.00	1	=	232.9 Kg
Berat Dinding Arah YE	=	0.15	1.15	6.00	250.00	1	=	258.8 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Atap</b>							=	143083.3 Kg

• **Beban Hidup**

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang g	Bj	Koef.	Beban Mati
Beban Hidup Atap	=	17.5 0	47.0 0	96.00	0.50	= 39480.0 Kg
Beban Air Hujan	=	0.05	17.5 0	1000.0 0		= 41125.0 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Hidup Atap</b>						= 80605.00 Kg

• **Total Beban yang terjadi pada Atap**

$$\begin{aligned}
 \text{Total Beban } \sum W &= \text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup} \\
 &= 143083.2 \\
 &= 7 + 80605.00 \\
 &= \mathbf{223688.27 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

**Beban Lantai 4-15**

Diketahui :

- Tebal Plat Lantai = 0.12 m
- Luas Bangunan = 1008.00 m<sup>2</sup>
- Panjang  
(x) = 47.00 m  
Lebar (y) = 17.50 m
- Dimensi Balok Arah x = Lebar = 0.40 m      Tinggi = 0.60 m
- Dimensi Balok Arah y = Lebar = 0.40 m      Tinggi = 0.60 m
- Lebar = 0.40 m      Tinggi = 0.80 m
- Dimensi Kolom = Lebar = 1.40 m      Tinggi = 0.70 m
- Tinggi Lantai = 3.50 m
- Tinggi Kolom = 3.50 m
- Dinding Arah x = Lebar = 0.15 m      Tinggi = 3.50 m
- Dinding Arah y = Lebar = 0.15 m      Tinggi = 3.50 m
- Berat Jenis Beton = 2400.00 Kg/m<sup>3</sup>
- Berat Eternit = 11.00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Penggantung = 7.00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Jenis Bata ringan = 250.00 Kg/m<sup>3</sup>
- Beban Hidup Lantai = 192.00 Kg/m<sup>3</sup>
- Berat Jenis Air = 1000.00 Kg/m<sup>3</sup>
- Tinggi genangan Air = 0.05 m
- Koefisien Reduksi = 0.50



• **Beban Mati**

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Jmlh	Beban Mati
Berat Plat Lantai =	0.12	17.50	47.00	2400.0 0	1	= 237079.0 Kg
Berat Balok Arah x =	0.40	0.48	124.2 0	2400.0 0	1	= 57231.4 Kg
Berat Balok Arah y =	0.40	0.48	36.40	2400.0 0	1	= 16773.1 Kg
Berat Balok Arah y =	0.40	0.68	49.70	2400.0 0	1	= 32444.2 Kg
Berat Kolom 140/70 =	1.40	0.70	3.50	2400.0 0	14	= 115248.0 Kg
Berat Kolom 100/70 =	1.00	0.70	3.50	2400.0 0	7	= 41160.0 Kg
Berat Dinding Arah X1 =	0.15	2.90	42.10	250.00	1	= 4578.4 Kg
Berat Dinding Arah X2 =	0.15	2.90	42.10	250.00	1	= 4578.4 Kg
Berat Dinding Arah X3 =	0.15	2.90	42.10	250.00	1	= 4578.4 Kg
Berat Dinding Arah YA =	0.15	2.90	13.70	250.00	1	= 1489.9 Kg
Berat Dinding Arah YB =	0.15	2.90	13.70	250.00	1	= 1489.9 Kg
Berat Dinding Arah YC =	0.15	2.90	13.70	250.00	1	= 1489.9 Kg
Berat Dinding Arah YD =	0.15	2.90	13.70	250.00	1	= 1489.9 Kg
Berat Dinding Arah YE =	0.15	2.90	13.70	250.00	1	= 1489.9 Kg
Berat Dinding Arah YF =	0.15	2.90	13.70	250.00	1	= 1489.9 Kg
Berat Dinding Arah YF =	0.15	2.90	13.70	250.00	1	= 1489.9 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Lantai 7-15</b>						= 524099.9 Kg

q **Beban Hidup**

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Koef.	Beban Mati
Beban Hidup Lantai =		17.50	47.00	192.00	0.50	= 78960.0 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Hidup Lt.7-15</b>						= 78960.00 Kg

**Total Beban yang terjadi pada lantai 7-15**

$$\begin{aligned}
 \text{Total Beban } \sum W &= (\text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup}) \times \text{Jumlah Lantai yang Sama} \\
 &= 524099.8 \times 9 \\
 &= 9 + 78960.00 \times 9 \\
 &= \mathbf{5427539.01 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, di dapatkan berat beban perlantai dari lantai 2 sampai dengan Atap :

**Total Berat Lantai**

Keterangan	Total (WT)
Berat Bangunan Lantai Atap	223688.27 Kg
Berat Bangunan Lantai 16	424721.96 Kg
Berat Bangunan Lantai 15	603059.89 Kg
Berat Bangunan Lantai 14	603059.89 Kg
Berat Bangunan Lantai 13	603059.89 Kg
Berat Bangunan Lantai 12	603059.89 Kg
Berat Bangunan Lantai 11	603059.89 Kg
Berat Bangunan Lantai 10	603059.89 Kg
Berat Bangunan Lantai 9	603059.89 Kg
Berat Bangunan Lantai 8	603059.89 Kg
Berat Bangunan Lantai 7	603059.89 Kg
Berat Bangunan Lantai 6	693698.43 Kg
Berat Bangunan Lantai 5	693698.43 Kg
Berat Bangunan Lantai 4	693698.43 Kg
Berat Bangunan Lantai 3	496014.22 Kg
Berat Bangunan Lantai 2	601820.14 Kg
<b><i>Berat Total</i></b>	<b><i>9254879 Kg</i></b>

### 3.5.2 Beban Hidup

Beban hidup untuk lantai gedung yang berfungsi sebagai hotel adalah  $192 \text{ kg/m}^2$  sedangkan untuk lantai atap adalah  $96 \text{ kg/m}^2$ , kemudian untuk beban hidup pada tangga sebesar  $300 \text{ kg/m}^2$ .

### 3.5.3 Beban Gempa

Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SNI 03- 1726-2002). Pada Skripsi kali ini Analisis struktur terhadap beban gempa pada gedung dilakukan dengan metode analisa gempa respon dinamis.

a. Mencari Pusat Massa (CG) dan Berat Tiap Lantai

Untuk mencari berat lantai tiap lantai dengan bantuan program bantu staad proo 2000, dengan cara memotong tiap lantai dengan ketinggian kolom setengahnya keatas terhadap lantai yang ditinjau dan setengahnya tinggi kolom kebawah terhadap lantai yang ditinjau. Kemudian salah satu titik ujung bawah kolom diberi tumpuan jepit untuk mengetahui reaksi yang nantinya menjadi berat lantai tersebut.

Mencari pusat massa pada masing-masing lantai dengan cara du running kemudian pilih toolbar *Display* → *Show Table* → *Building Output Centre Mass Rigidity*.

Seperti yang terlihat di bawah ini :

Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
LANTA12	D1	346.4307	346.4307	23.772	14.798	346.4307	346.4307	23.772	14.798	23.855	15.322
LANTA13	D2	308.1684	308.1684	23.706	15.257	308.1684	308.1684	23.706	15.257	23.851	15.407
LANTA14	D3	331.1303	331.1303	23.75	13.506	331.1303	331.1303	23.75	13.506	23.849	15.435
LANTA15	D4	331.1303	331.1303	23.75	13.506	331.1303	331.1303	23.75	13.506	23.849	15.288
LANTA16	D5	331.1303	331.1303	23.75	13.506	331.1303	331.1303	23.75	13.506	23.85	15.13
LANTA17	D6	301.7241	301.7241	23.76	14.71	301.7241	301.7241	23.76	14.71	23.851	15.004
LANTA18	D7	301.7241	301.7241	23.76	14.71	301.7241	301.7241	23.76	14.71	23.851	14.913
LANTA19	D8	301.7241	301.7241	23.76	14.71	301.7241	301.7241	23.76	14.71	23.852	14.846
LANTA110	D9	301.7241	301.7241	23.76	14.71	301.7241	301.7241	23.76	14.71	23.852	14.795
LANTA111	D10	301.7241	301.7241	23.76	14.71	301.7241	301.7241	23.76	14.71	23.851	14.754
LANTA112	D11	301.7241	301.7241	23.76	14.71	301.7241	301.7241	23.76	14.71	23.848	14.72
LANTA113	D12	301.7241	301.7241	23.76	14.71	301.7241	301.7241	23.76	14.71	23.843	14.691
LANTA114	D13	301.7241	301.7241	23.76	14.71	301.7241	301.7241	23.76	14.71	23.831	14.662
LANTA115	D14	274.8329	274.8329	23.356	14.498	274.8329	274.8329	23.356	14.498	23.807	14.631
LANTA116	D15	174.0509	174.0509	22.519	15.75	174.0509	174.0509	22.519	15.75	23.784	14.591
ROOF	D16	102.8733	102.8733	22.436	19.347	102.8733	102.8733	22.436	19.347	23.704	14.701

#### b. Mencari Beban Geser Dasar Nominal (V)

Mencari gaya geser total yang terjadi pada struktur menurut SNI 1726-2012 dapat dihitung dengan rumus dengan rumus :

$$V = C_s \times W \longrightarrow C_s = \frac{S_{ds}}{R/I}$$

Dimana:

**V** = Beban geser dasar nominal

**Wt** = Berat Total Gedung

**Cs** = Koefisien Respon Seismik

Mencari Nilai Cs

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= 2/3 \times F_v \times S_1 \\
 &= 0,6667 \times 1,906 \times 0,247 \\
 &= 0,314
 \end{aligned}$$

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= 2/3 \times F_a \times F_s \\
 &= 0,6667 \times 1,270 \times 0,663 \\
 &= 0,561
 \end{aligned}$$

Sebelum menentukan nilai C perlu diketahui terlebih dahulu nilai T yaitu nilai waktu getar struktur.

Koefisien Untuk Batas Atas pada Perioda yang dihitung

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

- Untuk struktur dengan ketinggian < 12 tingkat dimana sistem penahan gaya seismik terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m.

$$T_a = 0,1 \times N$$

Dimana :

N = Jumlah Lantai

- Untuk Struktur dengan Ketinggian > 12 Tingkat :

$$T_a = C_t \times h_n$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, Nilai } T_a &= 0,046 \times 59,5^{0,9} \\ &= 1,843 \text{ detik.} \end{aligned}$$

Kemudian mencari *I* (Faktor keutamaan struktur) dapat diambil dari SNI-1726-2012, untuk faktor keutamaan struktur dapat dilihat pada tabel berikut :

KATEGORI GEDUNG	FAKTOR KEUTAMAAN		
	$I_1$	$I_2$	$I$
Gedung umum ; perumahan, perniagaan, perkantoran	1.0	1.0	1.0
Monumen dan bangunan monumental	1.0	1.6	1.6
Gedung penting pasca gempa ; rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan darurat, fasilitas media elektronik	1.4	1.0	1.4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya ; gas, minyak bumi, asam, bahan beracun	1.6	1.0	1.6
Cerobong, tangki diatas menara	1.6	1.0	1.5

Dari Tabel diatas di dapatkan Nilai  $I = 1$

Kemudian untuk nilai  $R$  (Faktor Reduksi) adalah kemampuan struktur berdeformasi diukur dari sejak pertama tulangan leleh hingga roboh. Parameter daktilitas struktur dapat dilihat pada tabel berikut :

TARAF KINERJA STRUKTUR GEDUNG	$\mu$	$R$
<i>ELASTIS PENUH</i>	1.0	1.6
<i>DAKTAIL PARSIAL</i>	1.5	2.4
	2.0	3.2
	2.5	4.0
	3.0	4.8
	3.5	5.6
	4.0	6.4
	4.5	7.2
	5.0	8.0
<i>DAKTAIL PENUH</i>	5.3	8.5

$\mu$  = faktor daktilitas struktur

Sesuai tabel diatas untuk faktor daktilitas struktur diambil nilai  $\mu = 5,3$  dan  $R$  digunakan nilai **8,5**.

Menentukan Kategori Design Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek :

$$C_s = \frac{Sds}{R/I}$$

Nilai CS yang dihitung tidak perlu melebihi berikut ini :

$$C_s = \frac{Sd1}{T x \left(\frac{R}{I}\right)}$$

CS harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

Untuk  $S_1 \geq 0,6$  g, nilai CS harus tidak kurang dari :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{(R/I_e)} = \frac{0.561 \text{ g}}{8.00 / 1} = 0.07015$$

$$C_{s \text{ Maks}} = \frac{S_{D1}}{T x (R/I_e)} = \frac{0.314}{2.580 x 8.00} = 0.01521$$

$$C_{s \text{ Min}} = \frac{0,5 x S_1}{(R/I_e)} = \frac{0.5 x 0.247}{8.00} = 0.01544$$

$$C_{sx} = \frac{S_{D1}}{T x (R/I_e)} = \frac{0.314}{2.580 x 8.00} = 0.01521$$

$$C_{sy} = \frac{S_{D1}}{T x (R/I_e)} = \frac{0.314}{2.580 x 8.00} = 0.01521$$

Digunakan Nilai **Cs Max = 0,01521**

Dari data diatas maka beban geser dasar nominal struktur dapat dihitung.

$$V = Cs \times W_{total}$$

$$= 0,0521 \times 9213754$$

$$V = 140118,8 \text{ kg} \longrightarrow V_x = 140118,8 \text{ kg}$$

$$V_y = 140118,8 \text{ kg}$$

berikut ini adalah tabel gaya geser masing-masing lantai (  $F_i$  )

Lantai	Weight (Wi) Kg	Tinggi (hi) m	$W_i \times h_i^{K_x}$	$W_i \times h_i^{K_y}$	$F_x$ (kg)	$F_y$ (kg)
Lantai Atap	223688.27	56.0	823638372.7	823638372.7	11421.41	10713.51
Lantai 16	383596.96	52.5	1238207106.2	1238207106.2	17170.24	16106.03
Lantai 15	603059.89	49.0	1691052951.9	1691052951.9	23449.86	21996.45
Lantai 14	603059.89	45.5	1453798856.4	1453798856.4	20159.85	18910.35
Lantai 13	603059.89	42.0	1234791997.3	1234791997.3	17122.88	16061.61
Lantai 12	603059.89	38.5	1033974161.0	1033974161.0	14338.14	13449.46
Lantai 11	603059.89	35.0	851282264.6	851282264.6	11804.74	11073.09
Lantai 10	603059.89	31.5	18996386.5	686647442.7	263.42	8931.60
Lantai 9	603059.89	28.0	539993848.0	539993848.0	7488.10	7023.99
Lantai 8	603059.89	24.5	411237029.6	411237029.6	5702.63	5349.18
Lantai 7	603059.89	21.0	300281663.3	300281663.3	4164.01	3905.93
Lantai 6	693698.43	17.5	238132603.2	238132603.2	3302.19	3097.52
Lantai 5	693698.43	14.0	151054645.6	151054645.6	2094.68	1964.85
Lantai 4	693698.43	10.5	83998994.4	83998994.4	1164.82	1092.62
Lantai 3	496014.22	7.0	26265913.4	26265913.4	364.23	341.66
Lantai 2	601820.14	3.5	7749971.5	7749971.5	107.47	100.81
<b>Total</b>	<b>9213754</b>		<b>10104456765.7</b>	<b>10772107822</b>	<b>140118.7</b>	<b>140118.7</b>



Perhitungan gempa 100% arah yang ditinjau dan 30% arah tegak lurus

Lantai	F <sub>x</sub> (kg)	30% F <sub>x</sub> (kg)	F <sub>y</sub> (kg)	30% F <sub>y</sub> (kg)
Lantai Atap	11421.41	3426.42	10713.51	3214.1
Lantai 16	17170.24	5151.07	16106.03	4831.8
Lantai 15	23449.86	7034.96	21996.45	6598.9
Lantai 14	20159.85	6047.96	18910.35	5673.1
Lantai 13	17122.88	5136.86	16061.61	4818.5
Lantai 12	14338.14	4301.44	13449.46	4034.8
Lantai 11	11804.74	3541.42	11073.09	3321.9
Lantai 10	263.42	79.03	8931.60	2679.5
Lantai 9	7488.10	2246.43	7023.99	2107.2
Lantai 8	5702.63	1710.79	5349.18	1604.8
Lantai 7	4164.01	1249.20	3905.93	1171.8
Lantai 6	3302.19	990.66	3097.52	929.3
Lantai 5	2094.68	628.40	1964.85	589.5
Lantai 4	1164.82	349.44	1092.62	327.8
Lantai 3	364.23	109.27	341.66	102.5
Lantai 2	107.47	32.24	100.81	30.2
<b>Total</b>	<b>140118.7</b>	<b>42035.6</b>	<b>140118.7</b>	<b>42035.6</b>

### 3.5.4 Beban Gempa Vertikal

$$\begin{aligned}
 E_v &= 0,2 \times S_d \times D \\
 &= 0,2 \times 0,561 \times D \\
 &= 0,1122 \times D
 \end{aligned}$$

Dimana :

**S<sub>d</sub>** = Kategori Design Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

**D** = Beban Mati

1	1.4 D
2	1.2 D + 1.6 L
3	1.2 D + 1 L + 0.3 $\left[ 1.3 Q_{ex} + 0.2 S_{DS} D \right] + 1 \left[ 1.3 Q_{ey} + 0.2 S_{DS} D \right]$ 1.23 D + 1 L + 0.39 $Q_{ex}$ + 1.3 $Q_{ey}$
4	1.2 D + 1 L - 0.3 $\left[ 1.3 Q_{ex} + 0.2 S_{DS} D \right] + 1 \left[ 1.3 Q_{ey} + 0.2 S_{DS} D \right]$ 1.22 D + 1 L - 0.39 $Q_{ex}$ + 1.3 $Q_{ey}$
5	1.2 D + 1 L + 0.3 $\left[ 1.3 Q_{ex} + 0.2 S_{DS} D \right] - 1 \left[ 1.3 Q_{ey} + 0.2 S_{DS} D \right]$ 1.18 D + 1 L + 0.39 $Q_{ex}$ - 1.3 $Q_{ey}$
6	1.2 D + 1 L - 0.3 $\left[ 1.3 Q_{ex} + 0.2 S_{DS} D \right] - 1 \left[ 1.300 Q_{ey} + 0.2 S_{DS} D \right]$ 1.17 D + 1 L - 0.39 $Q_{ex}$ - 1.3 $Q_{ey}$
7	1.2 D + 1 L + 1 $\left[ 1.3 Q_{ex} + 0.2 S_{DS} D \right] + 0.3 \left[ 1.300 Q_{ey} + 0.2 S_{DS} D \right]$ 1.23 D + 1 L + 1.3 $Q_{ex}$ + 0.39 $Q_{ey}$
8	1.2 D + 1 L - 1 $\left[ 1.3 Q_{ex} + 0.2 S_{DS} D \right] + 0.3 \left[ 1.300 Q_{ey} + 0.2 S_{DS} D \right]$ 1.18 D + 1 L - 1.3 $Q_{ex}$ + 0.39 $Q_{ey}$
9	1.2 D + 1 L + 1 $\left[ 1.3 Q_{ex} + 0.2 S_{DS} D \right] - 0.3 \left[ 1.300 Q_{ey} + 0.2 S_{DS} D \right]$ 1.22 D + 1 L + 1.3 $Q_{ex}$ - 0.39 $Q_{ey}$
10	1.2 D + 1 L - 1 $\left[ 1.3 Q_{ex} + 0.2 S_{DS} D \right] - 0.3 \left[ 1.300 Q_{ey} + 0.2 S_{DS} D \right]$ 1.17 D + 1 L - 1.3 $Q_{ex}$ - 0.39 $Q_{ey}$
11	0.9 D + 1 L + 0.3 $\left[ 1.3 Q_{ex} - 0.2 S_{DS} D \right] + 1 \left[ 1.300 Q_{ey} - 0.2 S_{DS} D \right]$ 0.87 D + 1 L + 0.39 $Q_{ex}$ + 1.3 $Q_{ey}$
12	0.9 D + 1 L - 0.3 $\left[ 1.3 Q_{ex} - 0.2 S_{DS} D \right] + 1 \left[ 1.300 Q_{ey} - 0.2 S_{DS} D \right]$ 0.88 D + 1 L - 0.39 $Q_{ex}$ + 1.3 $Q_{ey}$
13	0.9 D + 1 L + 0.3 $\left[ 1.3 Q_{ex} - 0.2 S_{DS} D \right] - 1 \left[ 1.300 Q_{ey} - 0.2 S_{DS} D \right]$ 0.92 D + 1 L + 0.39 $Q_{ex}$ - 1.3 $Q_{ey}$
14	0.9 D + 1 L - 0.3 $\left[ 1.3 Q_{ex} - 0.2 S_{DS} D \right] - 1 \left[ 1.300 Q_{ey} - 0.2 S_{DS} D \right]$ 0.93 D + 1 L - 0.39 $Q_{ex}$ - 1.3 $Q_{ey}$
15	0.9 D + 1 L + 1 $\left[ 1.3 Q_{ex} - 0.2 S_{DS} D \right] + 0.3 \left[ 1.300 Q_{ey} - 0.2 S_{DS} D \right]$ 0.87 D + 1 L + 1.3 $Q_{ex}$ + 0.39 $Q_{ey}$
16	0.9 D + 1 L - 1 $\left[ 1.3 Q_{ex} - 0.2 S_{DS} D \right] + 0.3 \left[ 1.300 Q_{ey} - 0.2 S_{DS} D \right]$ 0.92 D + 1 L - 1.3 $Q_{ex}$ + 0.39 $Q_{ey}$
17	0.9 D + 1 L + 1 $\left[ 1.3 Q_{ex} - 0.2 S_{DS} D \right] - 0.3 \left[ 1.300 Q_{ey} - 0.2 S_{DS} D \right]$ 0.88 D + 1 L + 1.3 $Q_{ex}$ - 0.39 $Q_{ey}$
18	0.9 D + 1 L - 1 $\left[ 1.3 Q_{ex} - 0.2 S_{DS} D \right] - 0.3 \left[ 1.300 Q_{ey} - 0.2 S_{DS} D \right]$ 0.93 D + 1 L - 1.3 $Q_{ex}$ - 0.39 $Q_{ey}$

### c. Kontrol

Setelah di inputkan beban beban yang bekerja, yakni beban Mati sendiri (selfweight) yang dihitung otomatis melalui program, kemudian beban mati

tambahan dan beban hidup serta beban lateral ( beban gempa) yang di analisa dengan Analisa Respon dinamik, maka perlu untuk mengetahui apakah struktur layak atau tidak, dengan cara :

- Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 03-1726 Perhitungan beban gempa dengan analisa Respon dinamik dihitung harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan dalam respon total harus sekurang – kurangnya 90%. Melalui ETABS dapat di lihat dengan memilih menu Display → Show Tables

Analysis report → Modal information → Building Modal Information  
→ Modal Participating Mass Ratio

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	2.59044	78.7591	0.0005	0	78.7591	0.0005	0
2	2.287028	0.0043	75.0324	0	78.7634	75.0328	0
3	2.125878	0.1183	1.2426	0	78.8817	76.2754	0
4	0.820153	10.938	0	0	89.8197	76.2754	0
5	0.67668	0.0004	11.1417	0	89.82	87.4171	0
6	0.64657	0.0174	0.4888	0	89.8375	87.9059	0
7	0.454638	4.287	0.0002	0	94.1244	87.906	0
8	0.338984	0.0055	3.8806	0	94.13	91.7866	0
9	0.332703	0.0453	0.9603	0	94.1753	92.747	0
10	0.293579	2.2032	0.0016	0	96.3784	92.7485	0
11	0.209318	1.1427	0	0	97.5211	92.7485	0
12	0.200257	0.0068	2.5386	0	97.5279	95.2871	0
13	0.197127	0.2144	0.0806	0	97.7423	95.3677	0
14	0.15354	0.8102	0.0001	0	98.5525	95.3677	0
15	0.133049	0.0048	1.4056	0	98.5573	96.7734	0
16	0.131432	0.0219	0.2992	0	98.5792	97.0726	0
17	0.116144	0.5301	0	0	99.1093	97.0726	0

Terlihat pada Mode 8 sudah memenuhi persyaratan (lebih dari 90%) .

- Kontrol Simpangan Struktur terhadap beban Lateral/Gempa

Pada ETABS Simpangan struktur akibat beban Lateral (Beban Gempa) dapat dilihat melalui grafik. Untuk melihatnya : Display → Show Story respon Plot → Maximum Story Displacements.

#### 1. Simpangan akibat beban lateral Dinamik Respon

RSPX		RSPY	
X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
0.79	0.03	0.07	0.42
1.40	0.08	0.17	1.02
2.24	0.13	0.25	1.71
3.09	0.18	0.30	2.46
4.06	0.29	0.35	3.20
4.88	0.32	0.42	3.97
5.73	0.37	0.50	4.69
6.41	0.42	0.57	5.41
7.05	0.50	0.65	6.00
7.63	0.55	0.69	6.65
8.18	0.58	0.72	7.07
8.63	0.63	0.74	7.64
9.08	0.69	0.77	8.09
9.32	0.74	0.82	8.41
9.50	0.77	0.84	8.78
9.71	0.79	0.89	9.08

- Kontrol Drift Struktur terhadap beban Lateral/Gempa

Untuk melihatnya : Display → Show Story respon Plot → Maximum Story Drifts.

#### 1. Drift akibat beban lateral Dinamik Respon

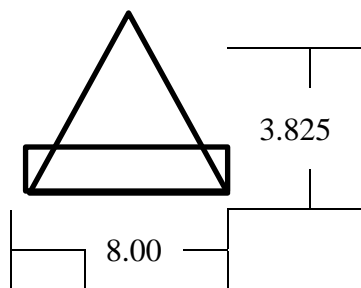
RSPX		RSPY	
X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
0.000136	0.0000062	0.0000096	0.0000758
0.0002081	0.0000139	0.0000168	0.0001558
0.0002338	0.0000153	0.0000187	0.0001943
0.0002525	0.0000187	0.0000205	0.0002148
0.0002553	0.0000194	0.0000199	0.0002214
0.0002484	0.0000194	0.0000199	0.0002214
0.000238	0.0000194	0.0000187	0.000216
0.0002376	0.0000201	0.0000187	0.0002082
0.0002102	0.0000202	0.0000162	0.0001979
0.0001936	0.0000187	0.000015	0.0001877
0.0001762	0.0000167	0.0000144	0.0001757
0.0001519	0.0000167	0.0000126	0.0001624
0.0001353	0.000016	0.0000114	0.0001498
0.0001145	0.0000153	0.0000102	0.0001378

### 3.5.5 Perataan Beban

Untuk mengetahui besar beban yang harus di terima oleh Balok dari plat lantai struktur, maka dilakukan analisa perhitungan dengan metode *Tributary Area*, dimana plat dibagi menjadi beberapa bagian, kemudian diratakan dengan bentuk segitiga ataupun trapesium. Sehingga kemudian diketahui besar beban yang harus di terima oleh balok dari plat lantai struktur.

#### • Perataan Beban Pelat Lantai

##### a. Perataan Beban Tipe B



$$Q = \frac{1}{2} \times 3.8 \times 4.0$$

$$= 7.65$$

$$R_a = R_b = Q = 7.65$$

$$M_1 = (R_a \times 4.0) - \left( Q \times \frac{1}{3} \times 4.0 \right)$$

$$= (7.65 \times 4.0) - \left( 7.65 \times \frac{1}{3} \times 4.0 \right)$$

$$= 20.4$$

$$M_2 = \frac{1}{8} \times h \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h \times 8.0^2$$

$$= 8h$$

$$M_1 = M_2$$

$$= 8h$$

20.4

$$h = 2.55 \text{ m}$$

Didapatkan hasil dari perataan beban :

TABEL PEMBEBANAN									
Lantai	Kode Balok		Perataan beban tipe 1	Perataan beban tipe 2	Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)
	P.Beban	No.balok	m	m	m	m	kg/m	kg/m	kg/m
LANTAI 2, 7 - 15	B	1	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	B	2	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	B	3	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	B	4	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	B	5	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	C	6	2.28	0.00	491	192	875	1994.48	437.76
	A	7	3.80	0.00	491	192	875	2740.8	729.60
	AD	12	3.80	2.80	491	192	875	4115.6	1267.20
	AA	8	3.80	3.80	491	192	875	4606.6	1459.20
	AA	9	3.80	3.80	491	192	875	4606.6	1459.20
	AA	10	3.80	3.80	491	192	875	4606.6	1459.20
	AA	11	3.80	3.80	491	192	875	4606.6	1459.20
	D	13	2.80	0.00	491	192	875	2249.8	537.60
	BE	14	2.55	2.55	491	192	875	3379.591	979.39
	BE	15	2.55	2.55	491	192	875	3379.591	979.39
	BE	16	2.55	2.55	491	192	875	3379.591	979.39
	BE	17	2.55	2.55	491	192	875	3379.591	979.39
	BE	18	2.55	2.55	491	192	875	3379.591	979.39
	CF	19	2.28	2.20	491	192	875	3074.68	860.16
	E	20	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	EE	21	2.55	2.55	491	192	875	3379.1	979.20
	EE	22	2.55	2.55	491	192	875	3379.1	979.20
	EE	23	2.55	2.55	491	192	875	3379.1	979.20
	EE	24	2.55	2.55	491	192	875	3379.1	979.20
	EG	25	2.55	3.30	491	192	875	3747.35	1123.20
	G	26	3.30	0.00	491	192	875	2495.3	633.60

	E	27	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	28	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	29	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	30	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	31	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	F	32	2.20	0.00	491	192	875	1955.2	422.40

TABEL PEMBEBANAN									
Lantai	Kode Balok		Perataan beban tipe 1	Perataan beban tipe 2	Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)
	P.Beban	No. Balok	m	m	m	m	kg/m	kg/m	kg/m
LANTAI 3	H	33	0.48	0.00	491	192	875	1108.23	91.20
	HH	34	0.48	0.48	491	192	875	1346.36	184.32
	HH	35	0.48	0.48	491	192	875	1346.36	184.32
	HH	36	0.48	0.48	491	192	875	1346.36	184.32
	HH	37	0.48	0.48	491	192	875	1346.36	184.32
	HH	38	0.48	0.48	491	192	875	1346.36	184.32
	H	39	0.48	0.00	491	192	875	1110.68	92.16
	I	40	0.39	0.00	491	192	875	1066.49	74.88
	I	41	0.39	0.00	491	192	875	1066.49	74.88
	I	42	0.39	0.00	491	192	875	1066.49	74.88
	I	43	0.39	0.00	491	192	875	1066.49	74.88
	I	44	0.39	0.00	491	192	875	1066.49	74.88
	J	45	0.36	0.00	491	192	875	1051.76	69.12
	EI	46	2.55	0.39	491	192	875	2318.54	564.48
	EI	47	2.55	0.39	491	192	875	2318.54	564.48
	EI	48	2.55	0.39	491	192	875	2318.54	564.48
	EI	49	2.55	0.39	491	192	875	2318.54	564.48
	EI	50	2.55	0.39	491	192	875	2318.54	564.48
	FJ	51	2.20	0.36	491	192	875	2133.92	492.29
	E	52	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	EE	53	2.55	2.55	491	192	875	3379.10	979.20
	EE	54	2.55	2.55	491	192	875	3379.10	979.20
	EE	55	2.55	2.55	491	192	875	3379.10	979.20
	EE	56	2.55	2.55	491	192	875	3379.10	979.20
	EG	57	2.55	3.31	491	192	875	3750.79	1124.54
	G	58	3.31	0.00	491	192	875	2498.74	634.94

	E	59	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	60	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	61	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	62	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	63	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	F	64	2.20	0.00	491	192	875	1957.16	423.17

TABEL PEMBEBANAN									
Lantai	Kode Balok		Perataan beban tipe 1	Perataan beban tipe 2	Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)
	P.Beban	No. Balok	m	m	m	m	kg/m	kg/m	kg/m
LANTAI 4 - 6	K	65	2.60	0	491	192	0	1276.6	499.20
	K	66	2.60	0	491	192	0	1276.6	499.20
	K	66	2.60	0.00	491	192	0	1276.6	499.20
	K	67	2.60	0.00	491	192	0	1276.6	499.20
	K	67	2.60	0.00	491	192	0	1276.6	499.20
	M	68	2.44	0.00	491	192	0	1198.04	468.48
	L	68	1.69	0.00	491	192	0	830.772	324.86
	LL	69	1.69	1.69	491	192	0	1661.544	649.73
	LL	69	1.69	1.69	491	192	0	1661.544	649.73
	LL	70	1.69	1.69	491	192	0	1661.544	649.73
	LL	70	1.69	1.69	491	192	0	1661.544	649.73
	LL	71	1.69	1.69	491	192	0	1661.544	649.73
	L	71	1.69	0.00	491	192	0	830.772	324.86
	KB	72	2.60	2.55	491	192	875	3403.65	988.80
	KB	72	2.60	2.55	491	192	875	3403.65	988.80
	KB	73	2.60	2.55	491	192	875	3403.65	988.80
	KB	73	2.60	2.55	491	192	875	3403.65	988.80
	KB	74	2.60	2.55	491	192	875	3403.65	988.80
	MB	74	1.45	1.45	491	192	875	2298.3453	556.58
	A	7	3.80	0.00	491	192	875	2740.8	729.60
	AD	12	3.80	2.80	491	192	875	4115.6	1267.20
	AA	8	3.80	3.80	491	192	875	4606.6	1459.20
	AA	9	3.80	3.80	491	192	875	4606.6	1459.20
	AA	10	3.80	3.80	491	192	875	4606.6	1459.20
	AA	11	3.80	3.80	491	192	875	4606.6	1459.20



	D	13	2.80	0.00	491	192	875	2249.8	537.60
	BE	14	2.55	2.55	491	192	875	3379.591	979.39
	BE	15	2.55	2.55	491	192	875	3379.591	979.39
	BE	16	2.55	2.55	491	192	875	3379.591	979.39
	BE	17	2.55	2.55	491	192	875	3379.591	979.39
	BE	18	2.55	2.55	491	192	875	3379.591	979.39
	CF	19	2.28	2.20	491	192	875	3074.68	860.16
	E	20	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	EE	21	2.55	2.55	491	192	875	3379.1	979.20
	EE	22	2.55	2.55	491	192	875	3379.1	979.20
	EE	23	2.55	2.55	491	192	875	3379.1	979.20
	EE	24	2.55	2.55	491	192	875	3379.1	979.20
	EG	25	2.55	3.30	491	192	875	3747.35	1123.20
	G	26	3.30	0.00	491	192	875	2495.3	633.60
	E	27	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	28	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	29	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	30	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	E	31	2.55	0.00	491	192	875	2127.05	489.60
	F	32	2.20	0.00	491	192	875	1955.2	422.40



## BAB IV

### PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

#### 4.1 Perhitungan Tulangan Pada Balok

##### 4.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

Penulangan yang direncanakan adalah pada balok melintang line .

- Data perencanaan

$$B = 400 \text{ mm}$$

$$H = 800 \text{ mm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y \text{ ulir} = 240 \text{ Mpa}$$

$$f_y \text{ polos} = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai tulangan pokok } D 22 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai tulangan sengkang } D 10 \text{ mm}$$

$$\text{bentang balok } (L) = 9500 \text{ mm}$$

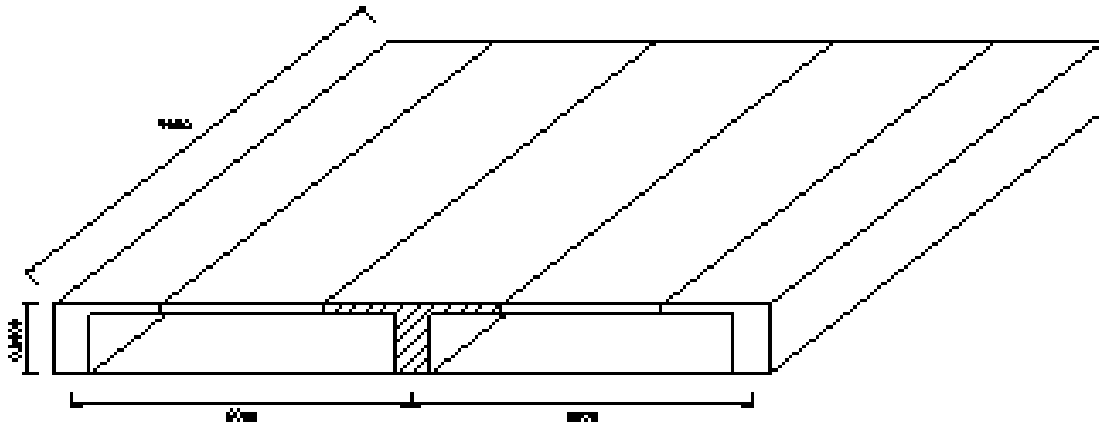
$$\text{bentang bersih balok Balok bersebelahan } (L_n) = 8600 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - \frac{1}{2} \text{diameter tulangan rencana}$$

$$= 800 - 50 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22$$

$$= 739 \text{ mm}$$

- Perencanaan penulangan



**Gambar 4.1 Panjang beff**

Lebar flens efektif (beff)

Menurut SNI-2847 pasal 10.10.2 Lebar efektif ( $b_{eff}$ ) tidak boleh melebihi :

- $b_{eff} \leq \frac{1}{4} L$   
 $\leq \frac{1}{4} 9500$   
 $\leq 2375 \text{ mm}$
- $b_{eff} \leq b_w + 8hf_{kr} + 8hf_{kn}$   
 $\leq 400 + (8 \cdot 120) + (8 \cdot 120)$   
 $\leq 2320 \text{ mm}$
- $b_{eff} \leq b_w + \frac{1}{2}Ln_{kr} + \frac{1}{2}Ln_{kn}$   
 $\leq 400 + (\frac{1}{2} \cdot 5600) + (\frac{1}{2} \cdot 5600)$   
 $\leq 8000 \text{ mm}$

Jadi dipakai lebar efektif sepanjang 2320 mm

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung menurut SNI-2847 pasal 12.5.(1):

$$A_s \text{ min} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d = \frac{0.25 \times \sqrt{35}}{400} 400.739 = 1093 \text{ mm}^2$$

dan

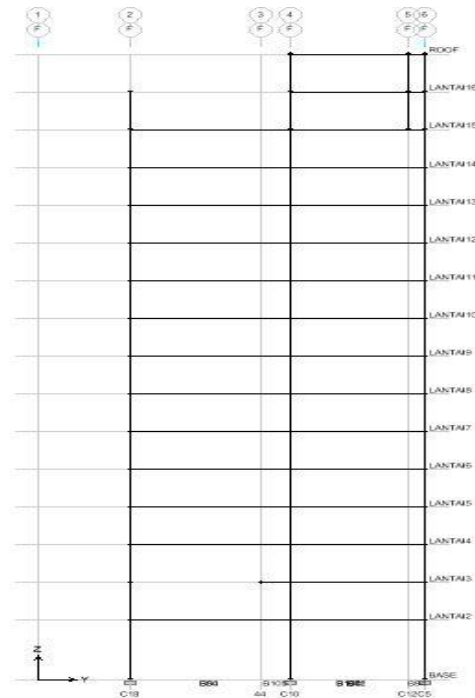
$$A_s \text{ min} = \frac{1.4b_w d}{f_y} = \frac{1.4 \times 400 \times 739}{400} = 1034,6 \text{ mm}^2$$

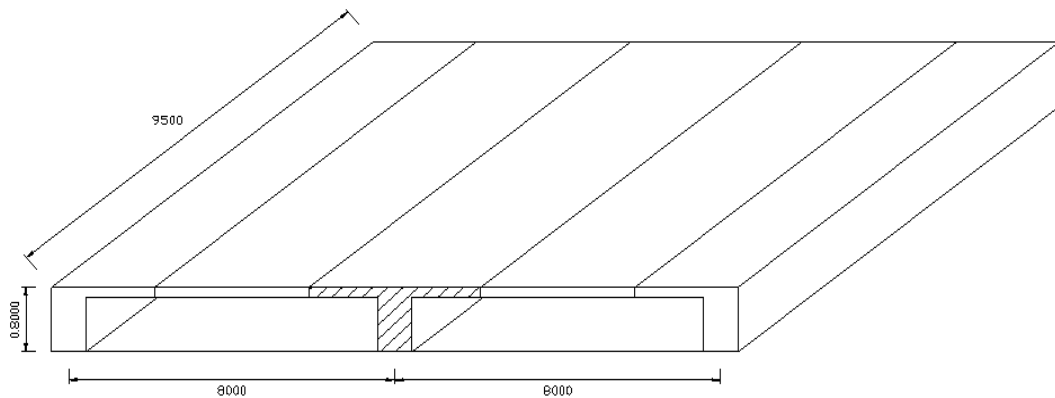
$$n = \frac{A_s \text{ min}}{\frac{1}{4}\pi \phi^2} = \frac{1034,6}{\frac{1}{4}\pi \cdot 22^2} = 2,723 \approx 3$$

Maka dipakai tulangan minimal 3 D 22 ( $A_s = 1139,82 \text{ mm}^2 > 1093 \text{ mm}^2$ )

#### A. Perhitungan Tulangan Tumpuan Kiri Join B90

Di tinjau portal grid F





Lebar flens efektif

- $B_{eff} = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 9500 = 2375 \text{ mm}$
- $B_{eff} = b_w + 8h_{f_{kr}} + h_{f_{kn}} = 300 + (8.120) + (8.120) = 2320 \text{ mm}$
- $B_{eff} = b_w + \frac{1}{2} l_{n_{kr}} + \frac{1}{2} l_{n_{kn}}$   
 $= 300 + (\frac{1}{2} \cdot 2600) + (\frac{1}{2} \cdot 2600) = 9000 \text{ mm}$

Dipakai nilai beff terkecil yaitu = 2320 mm

#### A. Perhitungan penulangan tumpuan kiri

$$M_{u-} = 634918289 \text{ Nmm}$$

$$M_{u+} = 317500000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah atas 6 D 22 ( $A_{s1} = 2279,64 \text{ mm}^2$ )
- Tulangan yang terpasang pada daerah bawah 3 D 22 ( $A_{s'} = 1140,86 \text{ mm}^2$ )
- Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ( $A_{s_{plat}} = 785,71 \text{ mm}^2$ )

$$A_s = \text{Jumlah tul.} \times \frac{1}{4} \times \pi \times \text{diameter tul.}^2$$

### Kontrol Momen Negatif

Tulangan tarik

$$A_{s \text{ plat}} = 10 \text{ } \varnothing 10 = 785,00 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ Balok}} = 6 \text{ D } 22 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ tarik}} = A_{s \text{ Balok}} + A_{s \text{ plat}} = 3042,29 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_{s'} = 3 \text{ D } 22 = 1140,86 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = \text{tebal selimut beton plat} + \frac{1}{2} \cdot \varnothing \text{ tul plat}$$

$$= 40 + \frac{1}{2} 10$$

$$= 45 \text{ mm}$$

$$y_2 = \text{tebal selimut beton} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \text{ D tul. tarik}$$

$$= 50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22$$

$$= 71 \text{ mm}$$

$$y = \frac{(A_{s \text{ Plat}} \times y_1) + (A_{s1 \text{ Balok}} \times y_2)}{(A_{s \text{ Plat}} + A_{s1 \text{ Balok}} + A_{s2 \text{ Balok}})}$$

$$= \frac{(785 \times 45) + (2279,64 \times 71)}{3064,64}$$

$$= 64,34 \text{ mm}$$

$$d = h - y$$

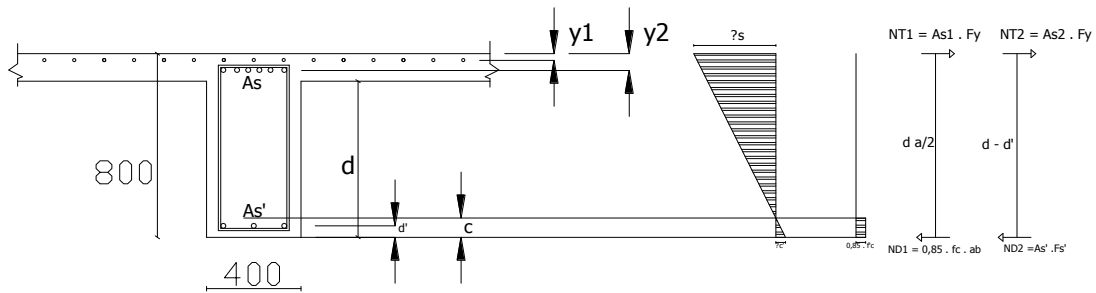
$$= 800 - 64,34$$

$$= 724,005 \text{ mm}$$

$d' = \text{tebal selimut beton} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul. tarik}$

$$= 50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22$$

$$= 71 \text{ mm}$$



**Gambar 4.2 momen negatif pada penulangan tumpuan**

Dimisalkan garis netral  $> d'$  maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - d')}{c} \times 800$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 800 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) \cdot c + As' (c - d') 800 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

Substitusi nilai:  $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As' (c - d') 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot As' \cdot c - 600 \cdot As' \cdot d' = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}$$

$\cdot c$



$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' - A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c - A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} - A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 1139,2 - 785 \cdot 240 - 2279,64 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot$$

$$3064,64 \cdot 71 = 0$$

$$10115 c^2 - 416364 c - 48556332 = 0$$

$$c = 92.859 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 92.859$$

$$= 78,930 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{92.859 - 71}{92.913} (0,003) = 0,00071$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{735,66 - 92,859}{92.859} (0,003) = 0,02077$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

Karena  $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$  maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum.

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan :

$$f's = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= 0,00071 \cdot 200000$$

$$= 141,250 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa} \quad \dots \text{OK}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$N_{d1} = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 78,930 \cdot 400$$

$$= 939268,208 \text{ N}$$

$$Nd2 = As' \cdot f's$$

$$= 1139,82 \cdot 141,240$$

$$= 160987,792 \text{ N}$$

$$Nt1 = (As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}})$$

$$= (785 \cdot 240)$$

$$= 188400 \text{ N}$$

$$Nt2 = (As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}})$$

$$= (2279,64 \cdot 400)$$

$$= 911856 \text{ N}$$

$$Nd1 + Nd2 = Nt1 + Nt2$$

$$939268,208 + 160987,792 = 188400 + 911856$$

$$1100256 \text{ N} = 1100256 \text{ N}$$

$$\text{Jarak } Nt1 \text{ ke } Nt2 = y2 - y1$$

$$= 71 - 45 = 26$$

Perhitungan letak Nt yakni :

Dimsalkan Nt terletak disebelah bawah Nt1

$$\sum M (\text{gaya}) = \sum M (\text{Resultan})$$

$$Nt1 (0) + Nt2 (26) = Nt (x)$$

$$188400 (0) + 911856 (26) = 1100256$$

$$23708256 = 1100256 x$$

$$x = 21,55$$

$$Z1 = h - (1/2 \cdot a) - y1 - x$$

$$= 800 - (1/2 \cdot 78,93) - 45 - 21,55$$

$$= 693,987 \text{ mm}$$

$$Z2 = h - d' - y1 - x$$

$$= 800 - 71 - 45 - 21,55$$

$$= 662,452 \text{ mm}$$

$$Mn = (Nd1 \cdot Z1) + (Nd2 \cdot Z2)$$

$$= (939268,208 \cdot 693,987) + (160987,792 \cdot 662,452)$$

$$= 758486623,267 \text{ Nmm}$$

$$Mr = \phi \cdot Mn$$

$$= 0,9 \cdot 758486623,267$$

$$= 682637960,9 \text{ Nmm} > 634919000 \text{ Mu} = \text{Nmm} ,,,,,(\text{ok!})$$

### **Kontrol Momen positif**

$$\text{Tulangan tekan } As'_{\text{plat}} = 10 \text{ } \varnothing 10 = 785 \text{ mm}^2$$

$$As1' = 6 \text{ D } 22 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{balok}}' = 785 + 2279,64 = 3064,64 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } As = 3 \text{ D } 22 = 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$y1 = 40 + 1/2 \cdot 10 = 45 \text{ mm}$$

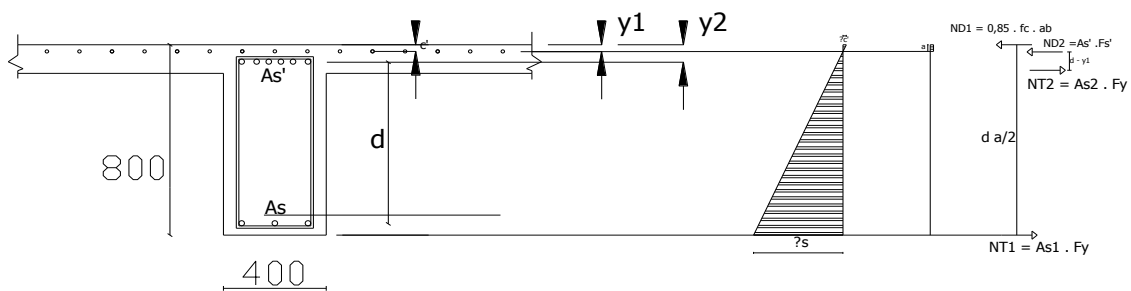
$$y_2 = 50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 = 71 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{(A_{s_{plat}} \times y_1) + (A_{s_{balok}} \times y_2)}{(A_{s_{plat}} + A_{s_{balok}})}$$

$$= \frac{(785 \times 45) + (2279,64 \times 71)}{(785 + 3064,64)} = 64,34 \text{ mm}$$

$$d = h - (50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22)$$

$$= 800 - 71 = 729 \text{ mm}$$



**Gambar 4.3 momen positif pada penulangan tumpuan**

Dimisalkan garis netral  $> y_2$  maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_{s'} = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_{s'} = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_{s'} \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s'} \cdot c - 600 \cdot A_{s'} \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85.f'c. \beta 1.b).c^2 + 600.As'.c - 600.As'.d' - As.fy.c = 0$$

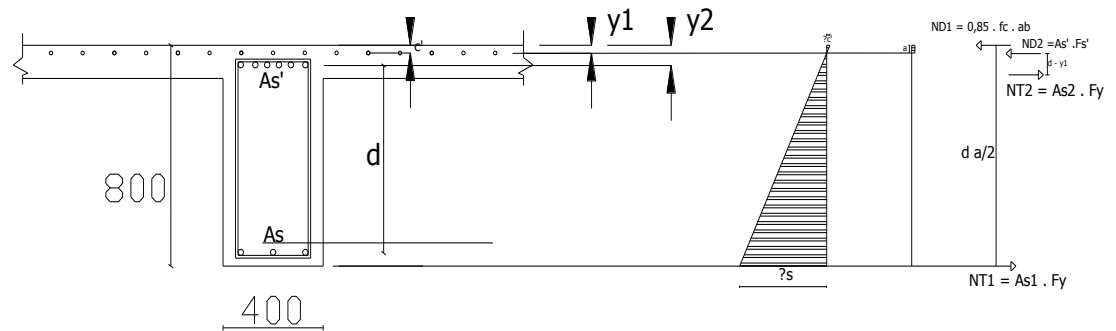
$$(0,85.f'c. \beta 1.b).c^2 + (600.As' - As.fy).c - 600.As'.d' = 0$$

$$(0,85.35.0,85.400).c^2 + (600.3064,64 - 1139,82.400).c - 600.3067,429.$$

$$64,34 = 0$$

$$10115 c^2 + 1382856 c - 118307664 = 0$$

$$c = 59,584 \text{ mm}$$



**Gambar 4.4 letak daerah tekan pada pelat**

Karena  $c < y_2$ , tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka dihitung

nilai  $c$  menurut persamaan :

$$0,85 . f'c . a . beff + As_{plat}' . fs' = As1 . fs + As2 . fy + As3 . fy$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \text{ dan } fs = fy$$

$$(0,85.f'c.a.beff) + As_{plat}' \cdot \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = As1 . fy + As2 . fy + As3 . fy$$

$$(0,85.f'c.a.beff).c + As_{plat}' . (c - y_1) . 600 = As1.fy.c + As2.fy.c + As3.fy.c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta 1.c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}}' (c - y_1) 600 = A_{s1} \cdot f_y \cdot c + A_{s2} \cdot f_y \cdot c + A_{s3} \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = A_{s1} \cdot f_y \cdot c + A_{s2} \cdot f_y \cdot c$$

$$+ A_{s3} \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}}' - A_{s1} \cdot f_y - A_{s2} \cdot f_y - A_{s3} \cdot f_y) \cdot c -$$

$$600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 2320) \cdot c^2 + (600 \cdot 785 - 1139 \cdot 82 \cdot 400 - 2279 \cdot 64 \cdot 400) \cdot c -$$

$$600 \cdot 785 \cdot 72 \cdot 45 = 0$$

$$58667 c^2 - 896784 c - 21195000 = 0$$

$$c = 28,129 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 28,129$$

$$= 23,910 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - y_1}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{28,129 - 45}{28,129} (0,003) = -0,0017957$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= -0,0017957 \cdot 200000$$

$$= -359,850 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_y$$

$$= 400 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$Nd1 = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot beff$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 23,910 \cdot 2320$$

$$= 1650266,557 \text{ N}$$

$$\text{Nd2} = \text{As}_{\text{plat}}' \cdot \text{fs}'$$

$$= 785 \cdot (-359,251)$$

$$= -282482,557 \text{ N}$$

$$\text{Nd3} = \text{As}_{\text{tarik}} \cdot \text{fs}$$

$$= 2279,64 \cdot 400$$

$$= 911856 \text{ N}$$

$$\text{Nt} = \text{As} \cdot \text{fs}$$

$$= 1139,82 \cdot 400$$

$$= 455928 \text{ N}$$

$$\text{Nd1} + \text{Nd2} + \text{Nd3} = \text{Nt}$$

$$1650266,557 + (-282482,557) + (-911856) = 455928$$

$$455928 \text{ N} = 455928 \text{ N}$$

$$\text{Z1} = d - (1/2 \cdot a)$$

$$= 729 - (1/2 \cdot 23,925)$$

$$= 717,405 \text{ mm}$$

$$\text{Mn} = (\text{Nt1} \cdot \text{Z1})$$

$$= (455928 \cdot 717,405)$$

$$= 327085026,84 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

$$= 0,9 \cdot 327085026,84$$

$$= 320976776 \text{ Nmm} > M_u = 317500000 \text{ Nmm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$M_{pr} = M_n$$

$$= 323757932,5 \text{ Nmm}$$

## B. Perhitungan penulangan lapangan

$$M_u^+ = 351034974,2 \text{ Nmm}$$

$$M_u^- = 136195237,4 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah atas 3 D 22 ( $A_s = 1139,82 \text{ mm}^2$ ),
- Tulangan yang terpasang pada daerah bawah 5 D 22 ( $A_s' = 1899,7 \text{ mm}^2$ )

Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ( $A_{s_{\text{plat}}} = 785 \text{ mm}^2$ )

## Kontrol Momen positif

$$\text{Tulangan tekan } A_{s'_{\text{plat}}} = 10 \text{ Ø}10 = 785,71 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{\text{balok}}} = 3 \text{ D } 22 = 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'} = 785 + 1139,82 = 1924,82 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 5 \text{ D } 22 = 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 40 + \frac{1}{2} 10 = 45 \text{ mm}$$

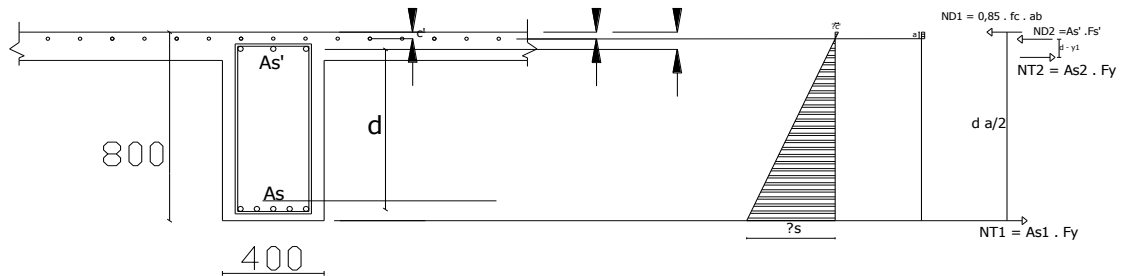
$$y_2 = 50 + 10 + \frac{1}{2} 22 = 71 \text{ mm}$$



$$y = d' = \frac{(785 \times 45) + (1140,86 \times 71)}{785,71 + 1140,86} = 60,396 \text{ mm}$$

$$d = 800 - 60,396$$

$$= 729 \text{ mm}$$



**Gambar 4.5 momen positif pada penulangan lapangan**

Dimisalkan garis netral  $> y_2$  maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = As \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) \cdot c + As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot As' \cdot c - 600 \cdot As' \cdot d' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot As' \cdot c - 600 \cdot As' \cdot d' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot As' - As \cdot fy) \cdot c - 600 \cdot As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 2320) \cdot c^2 + (600 \cdot 1926,57 - 1901,43 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 1926,57 \cdot$$

$$60,39 = 0$$

$$10115 c^2 + 495492 c - 80927220 = 0$$

$$c = 68,247 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c = 0,85 \times 68,247$$

$$= 58,010 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{68,247 - 71}{68,247} (0,003) = 0,02951$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{739,604 - 68,247}{68,247} (0,003) = 0,02951$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$  maka tulangan baja Tarik telah leleh dan baja tekan belum

Di hitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$f_s' = \epsilon_s' \times E_s$$

$$= -0,00012 \times 200000$$

$$= -24,207 < 400 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan gaya Tarik

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 58,010 \cdot 400$$

$$= 690314,185 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 ND2 &= A_s' \cdot f_s' \\
 &= 1889,7 \cdot -24,207 \\
 &= -45986,185 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT1 &= A_s \cdot F_y \\
 &= 785 \cdot 240 \\
 &= 188400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT2 &= A_s \cdot F_y \\
 &= 1139,82 \cdot 400
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ND1 + ND2 &= NT1 + NT2 \\
 690314,185 + (-45986) &= 188400 + 455928
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak dari ND1 ke ND2} &= 45 - a/2 \\
 &= 45 - (58,010/2) \\
 &= 16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan letak ND1 yaitu :

Dimisalkan ND terletak disebelah atas ND1, maka :

$$\begin{aligned}
 \sum M (\text{gaya}) &= \sum M (\text{resultan}) \\
 -ND1 (0) - ND2 (16) &= ND (x) \\
 690134,19 (0) - (-4598) (16) &= 644328 (x) \\
 0 - 73558,3336 &= 644328 x \\
 x &= 1,142 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z1 &= \text{Jarak dari NT1 ke ND1} \\
 &= d - a/2 - x \\
 &= 739,604 - (1/2 \cdot 58,010) - 1.142 \text{ mm} \\
 &= 709,457 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z2 &= d - d' \\
 &= 739,604 - 71 \\
 &= 668,604 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= (ND1 \cdot Z1) + (ND2 \cdot Z2) \\
 &= (690314,185 \cdot 709,457) + ((-45986) \cdot 668,604) \\
 &= 459001841,394 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0,9 \cdot 459001841,394 \\
 &= 413101657 \text{ Nmm} > M_u = 315035000 \text{ Nmm} \dots \dots \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

### C. Perhitungan penulangan tumpuan kanan

$$Mu^- = 638788000 \text{ Nmm}$$

$$Mu^+ = 319394000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah atas 7 D 22 ( $As_1 = 2659,58 \text{ mm}^2$ )
- Tulangan yang terpasang pada daerah bawah 3 D 22 ( $As' = 1139,82 \text{ mm}^2$ )
- Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ( $As_{\text{plat}} = 785 \text{ mm}^2$ )

### Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } As_{\text{plat}} = 10 \text{ Ø } 10 = 785,71 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{Balok}} = 7 \text{ D } 22 = 2281,71 \text{ mm}^2$$

$$As = As_{\text{plat}} + As_{\text{Balok}} = 3444,58 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } As' = 3 \text{ D } 22 = 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} y_1 &= \text{tebal selimut beton plat} + \frac{1}{2} \cdot \text{Ø tul plat} \\ &= 40 + \frac{1}{2} 10 \\ &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_2 &= \text{tebal selimut beton} + \text{Ø sengkang} + \frac{1}{2} \text{ D tul. tarik} \\ &= 50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 \\ &= 71 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$y = \frac{785 + 45 + 2659,58 \times 71}{3444,58}$$

$$= 65,075 \text{ mm}$$

$$d = h - y$$

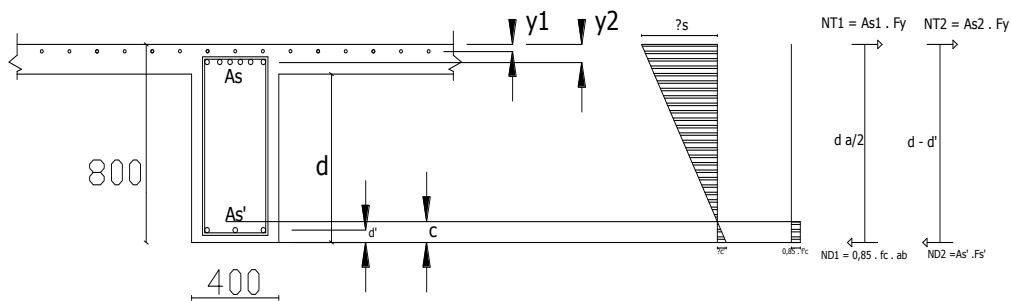
$$= 800 - 65,075$$

$$= 734,925 \text{ mm}$$

$$d' = \text{tebal selimut beton} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul. tarik}$$

$$= 50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22$$

$$= 71 \text{ mm}$$



**Gambar 4.2 momen negatif pada penulangan tumpuan**

Dimisalkan garis netral  $> d'$  maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}$$

$$(0,85.f'c.a.b).c + As' (c-d') 600 = As_{plat} \cdot fy_{polos} \cdot c + As_{balok} \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

Substitusi nilai:  $a = \beta_1.c$

$$(0,85.f'c. \beta_1.c.b).c + As' (c-d') 600 = As_{plat} \cdot fy_{polos} \cdot c + As_{balok} \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85.f'c. \beta_1.b).c^2 + 600.As'.c - 600.As'.d' = As_{plat} \cdot fy_{polos} \cdot c + As_{balok} \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85.f'c. \beta_1.b).c^2 + 600.As'.c - 600.As'.d' - As_{plat}.fy_{polos}.c - As_{balok}.fy_{ulir}.c = 0$$

$$(0,85.f'c. \beta_1.b).c^2 + (600.As' - As_{plat}.fy_{polos} - As_{balok}.fy_{ulir}).c - 600.As'.d' = 0$$

$$(0,85.35.0,85.400).c^2 + (600 \cdot 1140,86 - 785,72 \cdot 240 - 3042,29 \cdot 400).c - 600 \cdot 1140,86 \cdot 71 = 0$$

$$10115 c^2 - 568340 c - 48556331 = 0$$

$$c = 102,858 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1.c$$

$$= 0,85 \cdot 102,858$$

$$= 87,429 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{102,858 - 71}{102,858} (0,003) = 0,00093$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{734,925 - 102,858}{102,858} (0,003) = 0,01844$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

Karena  $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$  maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum.

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan :

$$\begin{aligned}f's &= \epsilon_s' \cdot E_s \\&= 0,00093 \cdot 200000 \\&= 185,838 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}\text{ND1} &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \\&= 0,85 \cdot 35 \cdot 87,429 \cdot 400 \\&= 1040410,628 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ND2} &= A_{s'} \cdot f's \\&= 1139,82 \cdot 185,838 \\&= 211821,372 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{NT1} &= (A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}}) \\&= (785 \cdot 240) \\&= 188571 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{NT2} &= (A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}) \\&= (2659,58 \cdot 400) \\&= 1063832 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\text{ND1} + \text{ND2} = \text{NT1} + \text{NT2}$$

$$1040410,628 + 211821,372 = 188571 + 1063832$$

$$1252232 \text{ N} = 1252232 \text{ N}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Jarak dari NT1 ke NT2} &= y_2 - y_1 \\
 &= 71 - 45 \\
 &= 26 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan letak NT yakni :

$$\begin{aligned}
 \sum M (\text{gaya}) &= \sum M (\text{resultan}) \\
 \text{NT1 (0)} + \text{NT2 (26)} &= \text{NT (x)} \\
 188400 (0) + 4598 (26) &= 1252232 (x) \\
 0 + 27659632 &= 644328 x \\
 x &= 22,09 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z1 &= h - (1/2 \cdot a) - y_1 - x \\
 &= 800 - (1/2 \cdot 87,429) - 45 - 22,09 \\
 &= 689,197 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z2 &= h - d' - y_1 - x \\
 &= 734,925 - 71 - 45 - 22,09 \\
 &= 596,837 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= (ND1 \cdot Z1) + (ND2 \cdot Z2) \\
 &= (1040410,628 \cdot 689,197) + (211821 \cdot 596,837) \\
 &= 843470715,841 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0,9 \cdot 843470715,841 \\
 &= 759123644 \text{ Nmm} > M_u = 638788000 \text{ Nmm} \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Momen positif

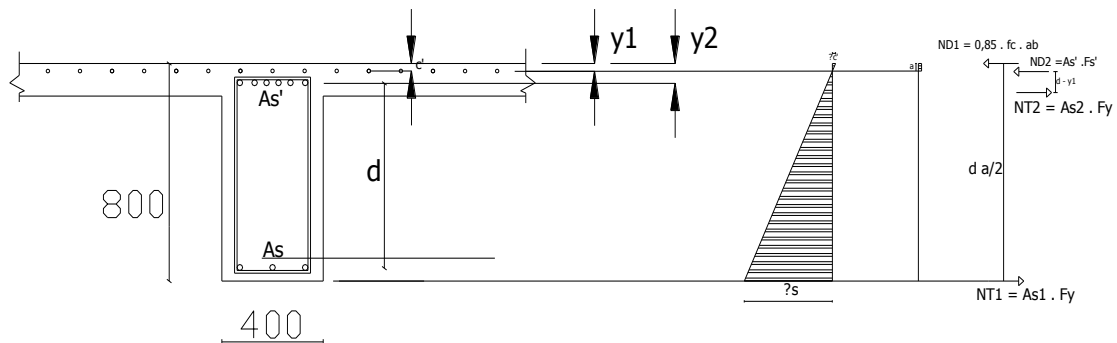
$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan tekan } A_s'_{\text{plat}} &= 10 \text{ } \varnothing 10 &= 785 \text{ mm}^2 \\
 A_s'_{\text{balok}} &= 4 \text{ D } 22 &= 1521,14 \text{ mm}^2 \\
 A_s' &= 3064,64 \text{ mm}^2 \\
 \text{Tulangan tarik } A_s &= 3 \text{ D } 22 &= 1139,82 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$y_1 = 40 + \frac{1}{2} 10 = 45 \text{ mm}$$

$$y_2 = 50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 = 71 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{785 + 45 + 2279,64 \times 71}{(3064,64)} = 64,340 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - (50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22) \\
 &= 800 - 71 = 729 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.3 momen positif pada penulangan tumpuan**

Dimisalkan garis netral  $> y_2$  maka perhitungan garis netral dicari dengan

menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85.f'c.a.b) + A_s' \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s . f_y$$

$$(0,85.f'c.a.b).c + A_s' (c - d') 600 = A_s.f_y.c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1.c$$

$$(0,85.f'c . \beta_1.c.b_{eff}).c + A_s' (c - d') 600 = A_s.f_y.c$$

$$(0,85.f'c . \beta_1.b_{eff}).c^2 + 600.A_s'.c - 600.A_s'.d' = A_s.f_y.c$$

$$(0,85.f'c . \beta_1.b_{eff}).c^2 + 600.A_s'.c - 600.A_s'.d' - A_s.f_y.c = 0$$

$$(0,85.f'c . \beta_1.b_{eff}).c^2 + (600.A_s' - A_s.f_y).c - 600.A_s'.d' = 0$$

$$(0,85.35.0,85.2320).c^2 + (600 . 3067,429 - 1521,143.400) . c - 600 .$$

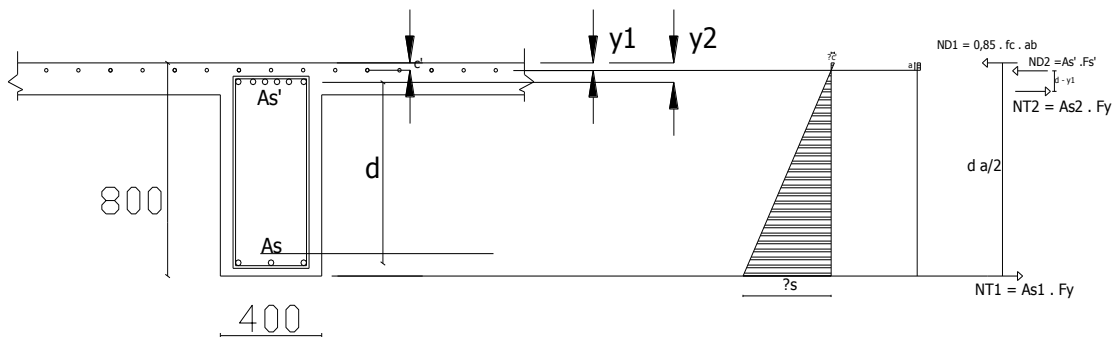
$$3067,429 . 77,25 = 0$$

$$10115 c^2 + 1382856 c - 118307664 = 0$$

$$c = 59,584 \text{ mm}$$

karena  $c < d$ , maka tulangan tekan sebagian mengalami gaya Tarik.

Maka nilai  $c$  harus dihitung ulang :



**Gambar 4.4 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif**

Dimisalkan garis netral diantara  $y_1$  dan  $y_2$  maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$(0,85.f'c.a.beff).c + As_{plat'}.(c-y_1).600 = As_1 . f_{yulir}.c + As_2 . f_{yulir} . c$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \text{ dan } f_s = f_{yulir}$$

$$(0,85.f'c.a.beff) + As'_{plat} = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = As_1 . f_y + As_2 . f_y$$

$$(0,85.f'c.a.beff).c + As_{plat'}.(c-y_1).600 = As_1 . f_{yulir}.c + As_2 . f_{yulir} . c$$

$$(0,85.f'c.\beta_1.beff).c^2 + 600.As_{plat'}.c - 600.As_{plat'}.y_1 = As_1 . f_{yulir}.c + As_2 . f_{yulir} . c$$

$$(0,85.f'c.\beta_1.beff).c^2 + (600.As_{plat'} - As_1.f_{yulir} - As_2.f_{yulir}).c - 600.As_{plat'}.y_1 = 0$$

$$(0,85 . 35 . 0,85 . 2320) c^2 + (600 . 785 - 1139,82 . 400 - 2659,58 . 400) c - 600 . 785 . 45 = 0$$

$$58667 c^2 - 896784 c - 21195000 = 0$$

$$c = 28,129$$

$$a = \beta . c = 0,85 . 28,129$$

$$= 23,910 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' . E_s$$

$$= \frac{(c - y_1)}{c} . \epsilon_s . E_s$$

$$= \frac{28,129 - 45}{28,129} \times 0,003 \times 200000 = -359,850$$

$$f_s = f_y$$

$$= 400 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} \text{ND1} &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_{eff} \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 23,910 \cdot 2320 \\ &= 1650266,557 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ND2} &= A_{s' \text{ plat}} \cdot f'_s \\ &= 785 \cdot (-359,850) \\ &= -282482,557 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT1} &= A_{s1} \cdot f_s \\ &= 1139,82 \cdot 400 \\ &= 455928 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT2} &= A_{s1} \cdot f_s \\ &= 1139,82 \cdot 400 \\ &= 455928 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{ND1} + \text{ND2} = \text{NT1} + \text{NT2}$$

$$1650266,557 + (-282482,557) = 455928 + 455928$$

$$1367784 \text{ N} = 1367784 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jarak dari ND1 ke ND2} &= y_1 - a/2 \\
&= 45 - 23,910/2 \\
&= 33,05\text{mm}
\end{aligned}$$

Perhitungan letak ND yakni :

$$\begin{aligned}
\sum M (\text{gaya}) &= \sum M (\text{resultan}) \\
-\text{ND1} (0) - \text{NT2} (26) &= \text{ND} (x) \\
-1650266,56 (0) - (-282482,557) (33,05) &= 0 (x) \\
0 + 9334639,457 &= 1367784 x \\
x &= 6,825 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) - x \\
&= 800 - (1/2 \cdot 23,910) - 6,825 \\
&= 710,220 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d' - y_1 \\
&= 63,340 - 45 \\
&= 19,340 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= (\text{NT1} \cdot Z_1) + (\text{NT2} \cdot Z_2) \\
&= (911856 \cdot 710,220) + (455928 \cdot 19,340) \\
&= 656436425,664 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0,9 \cdot 656436425,664 \\
 &= 590792783,1 \text{ Nmm} > M_u = 344394000 \text{ Nmm} \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Gaya geser pada balok

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 b &= 400 \text{ mm} \\
 h &= 800 \text{ mm} \\
 d &= 729 \text{ mm} \\
 L &= 9500 \text{ mm} \\
 L_n &= 9500 - (1/2 \cdot 400 + 1/2 \cdot 400) \\
 &= 8700 \text{ mm} \\
 f'_c &= 35 \text{ Mpa} \\
 f_{yulir} &= 400 \text{ Mpa} \\
 f_{y\text{polos}} &= 240 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

#### Menghitung $M_{pr}$ ( Moment Probable Capacities)

Geser rencana akibat pada balok dihitung dengan mengansumsikan sendi plastis terbentuk di ujung ujung balok dengan tegangan tulang lentur balok yang diperkuat mencapai  $1,25f_y$  dan factor reduksi kuat lentur = 1

- a. Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang kekanan

Kondisi 1 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{1,25 \cdot 3064,64 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 128,76639 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \cdot A_s' \cdot f_y (d - a/2)$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^+ &= 1,25 \cdot 3064,64 \cdot 400 \cdot (729 - 128,8/2) \times 10^{-6} \\ &= 1018,405625 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kondisi 2 (berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{1,25 \cdot 1139,82 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 47,891597 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^- = 1,25 \cdot A_s' \cdot f_y (d - a/2)$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^- &= 1,25 \cdot 1139,82 \cdot 400 \cdot (729 - 128,8/2) \times 10^{-6} \\ &= 401,8174401 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- b. Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang kekiri

Kondisi 3 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{1,25 \cdot 3064,64 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 128,76639 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \cdot A_s' \cdot f_y (d - a/2)$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^+ &= 1,25 \cdot 3064,64 \cdot 400 \cdot (729 - 128,8/2) \times 10^{-6} \\ &= 1018,405625 \text{ kNm} \end{aligned}$$



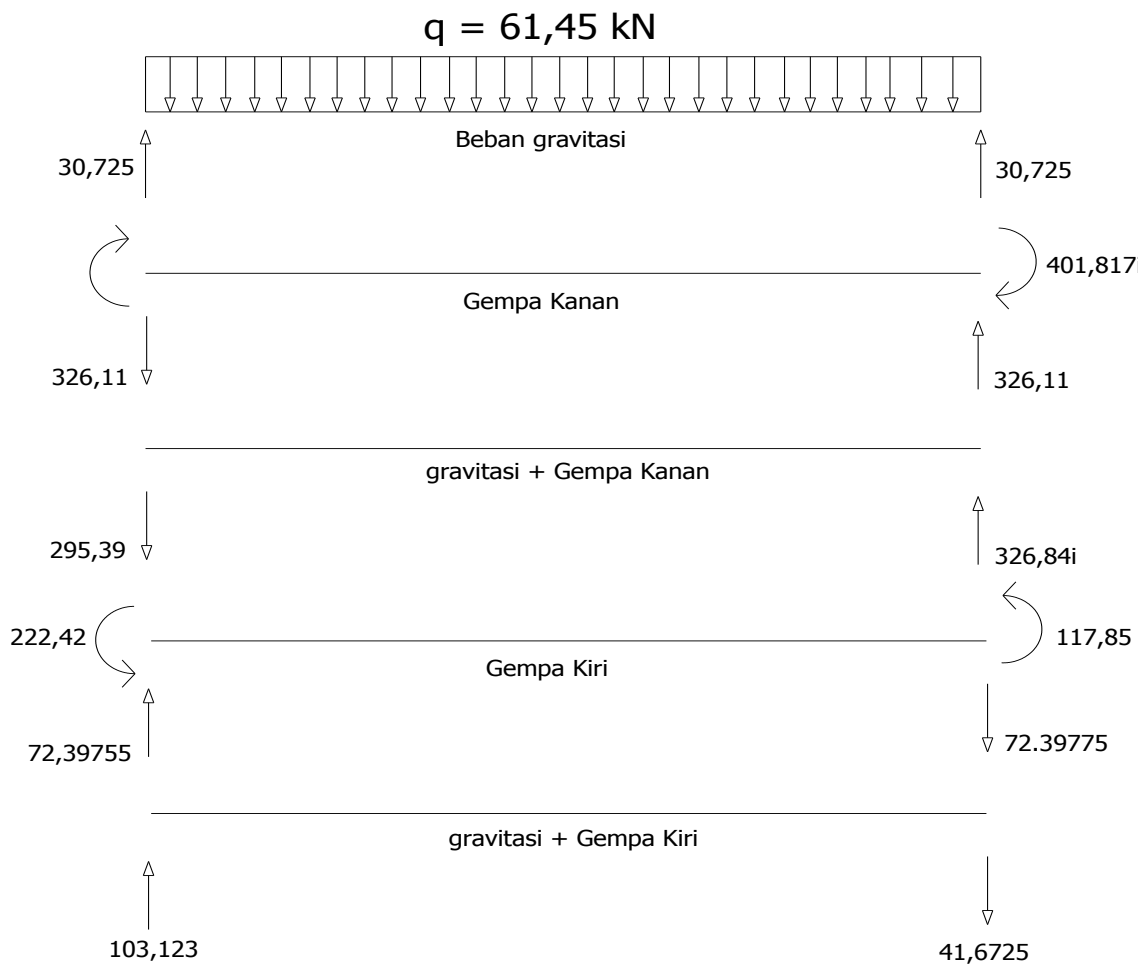
Kondisi 4 (berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_{c,b}} = \frac{1,25 \cdot 1139,82 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 47,891597 \text{ mm}$$

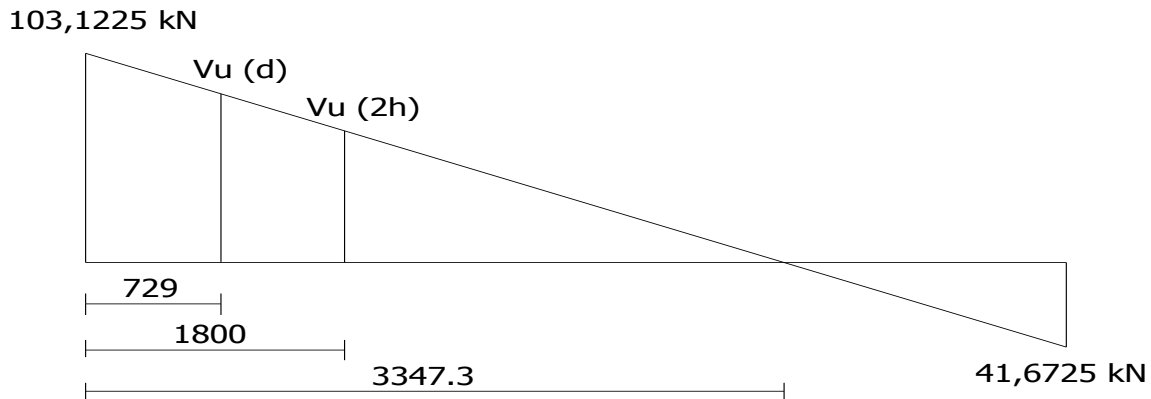
$$M_{pr} = 1,25 \cdot A_s' \cdot f_y \cdot (d - a/2)$$

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,25 \cdot 1139,82 \cdot 400 \cdot (729 - 128,8/2) \times 10^{-6} \\ &= 401,8174401 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan ETABS dengan Kombinasi 1,2D + L, didapat nilai gaya geser pada balok yang ditinjau sebesar : 6145 kg



Perhitungan  $V_u$  akibat beban gravitasi + gempa :



$$\frac{103,123}{x} = \frac{41,673}{7,6 - x}$$

$$41,673 x = 783,735 - 103,12 x$$

$$x = \frac{783,735}{144,796} = 5,413m = 5413mm$$

- Perhitungan penulangan geser pada daerah sendi plastis

$$V_u(d) = 103,12 \frac{5413 - 729}{5413} = 89,23kN$$

$V_c = 0$  Apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

Pada daerah sendi plastis,  $V_c = 0$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u(d)}{\phi} - 0 \\ &= \frac{89,23}{0,75} - 0 = 118,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang D10 (2 kaki)

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 400 \cdot 729 \cdot 10^{-3}}{118,979} = 384,785 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2,  
 Smaks sepanjang sendi plastis diujung balok  $2h = 2.800 = 1600 \text{ mm}$  spasi maksimum  
 tidak boleh melebihi :

- $d/4 = 729/4 = 182,25$
- $6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \cdot 22 = 132 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm}$

Jadi dipakai sengkang 2 kaki D 10 – 100

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 400 \cdot 729 \cdot 10^{-3}}{100} = 457,81 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 0 + 457,81$$

$$= 457,81 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \cdot V_n$$

$$= 0,75 \cdot 457,81$$

$$= 343,36 \text{ kN} > V_u(d) = 89,23 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{AMAN}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_{smaks} \leq 0,66 \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{smaks} \leq 0,66 \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 729 \cdot 10^{-3}$$

$$457,812 \text{ kN} < 1138,59 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

- Perhitungan penulangan geser pada daerah luar sendi plastis

$$V_u(2h) = 103,12 \frac{5413 - 1600}{5413} = 72,640 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,17 \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 729 \cdot 10^{-3} \\ &= 293,272 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u(2h)}{\phi} = \frac{72,640}{0,75} = 96,853 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang D10 (2kaki)

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(2 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 400 \cdot 729 \cdot 10^{-3}}{96,853} = 472,7 \text{ mm}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis

menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 :

$$- d/2 = 729/2 = 364,5 \text{ mm}$$

jadi dipakai sengkang D364,5 mm

jadi dipakai sengkang D 10 – 200 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2.1 / 4 \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 400.729 \cdot 10^{-3}}{200} = 228,9$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 271,517 + 228,91$$

$$= 500,42 \text{ kN}$$

$$\Phi V_n = 0,75 \cdot V_n$$

$$= 0,75 \cdot 500,42$$

$$= 375,32 \text{ kN} > V_u \text{ (sh)} = 72,640 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{AMAN}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

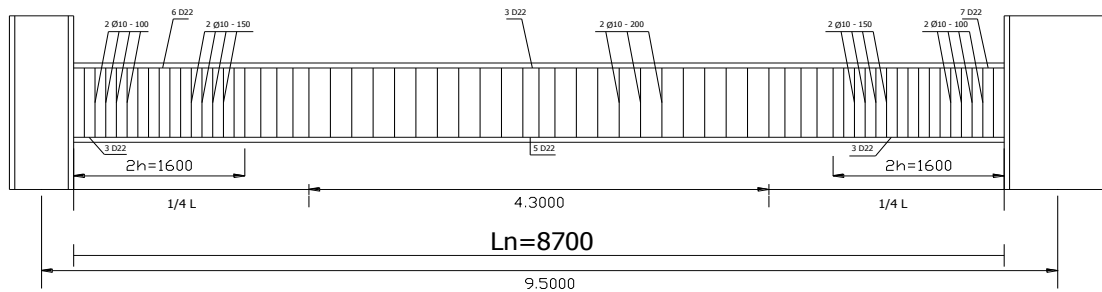
$$V_{maks} \leq 0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{maks} \leq 0,66 \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 729 \cdot 10^{-3}$$

$$228,906 \text{ kN} < 1138,59 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{OK}$$

Jadi digunakan :

- Daerah Sendi plastis : 2 kaki D10 – 100
- Daerah luar sendi plastis : 2 kaki D10 – 200



**Gambar 4.5 penulangan geser pada Balok**

## 4.2 Perhitungan Penulangan Kolom

### 4.2.1 Perhitungan penulangan lentur kolom

#### - Perhitungan Diagram Interaksi Kolom

Diketahui :

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

Tulangan sengkang D 10

Tulangan utama dipakai D25

Tebal selimut beton 50 mm

$$\text{Tinggi kolom} = h \text{ kolom} - h \text{ balok}$$

$$= 3500 - 800 = 2700 \text{ mm}$$

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$d = h - \text{Selimut beton} - \varnothing \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul. Pokok}$$

$$= 1000 - 50 - 10 - (0,5 \cdot 25)$$

$$= 927,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 1000 - 927,5 = 72,5 \text{ mm}$$

- Luas penampang kolom (  $A_g$  )

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 1000 \cdot 700 = 700000 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan jumlah tulangan 1,5 %,  $\rho = 0,015$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot A_g$$

$$= 0,015 \cdot 700000$$

$$= 10500 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 22 D 25,  $A_s \text{ ada} = 10793,75 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 10500$

$\text{mm}^2$

▪ Beban sentries

$$P_o = 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}$$

$$= \{0,85 \cdot 35 (700000 - 10793,75) + 400 \cdot 10793,75\} \cdot 10^{-3}$$

$$= 2841,386 \text{ kN}$$

$$P_n = 0,80 \cdot P_o$$

$$= 0,80 \cdot 2841,386$$

$$= 19857,109 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 19857,109$$

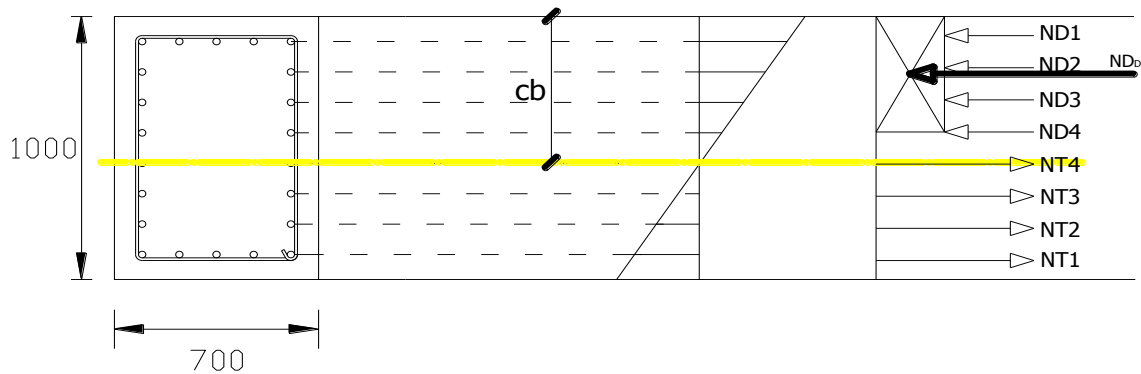
$$= 12907,121 \text{ kN}$$

- Kondisi Seimbang

$$c_b = \frac{600.d}{600 + f_y} = \frac{600.927}{600 + 400} = 556,5 \text{ mm}$$

$$a_b = c_b \cdot \beta = 0,81 \cdot 556,50 = 450,77 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} N_{D_D} &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a_b \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 450,77 \cdot 700 \cdot 10^{-3} \\ &= 9387,181125 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Gambar 4.6 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{s1} &= \frac{556,5 - 72,5}{556,5} \cdot 0,003 \\ &= 0,0026 > \epsilon_y \end{aligned}$$

$$\text{Maka } f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} N_{D1} &= 2453,5 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\ &= 981,3 \text{ kN} \end{aligned}$$



$$\epsilon_{s2} = \frac{556,5 - 188,2}{556,5} \cdot 0,003$$

$$= 0,0020 > \epsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$ND2 = 981,3 \cdot 400 \cdot 10^{-3}$$

$$= 392,5 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{556,5 - 303,9}{556,5} \cdot 0,003$$

$$= 0,0014 < \epsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0014 \cdot 200000 = 272,345 \text{ Mpa}$$

$$ND3 = 981,25 \cdot 272,345 \cdot 10^{-3}$$

$$= 267,24 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{556,5 - 419,6}{556,5} \cdot 0,003$$

$$= 0,0007 < \epsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0007 \cdot 200000 = 147,6 \text{ Mpa}$$

$$ND4 = 981,25 \cdot 147,6 \cdot 10^{-3}$$

$$= 144,83 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{535,3 - 556,5}{556,5} \cdot 0,003$$

$$= 0,0001 < \epsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0001 \cdot 200000 = 22,80 \text{ Mpa}$$

$$NT4 = 981,25 \cdot 22,80 \cdot 10^{-3}$$

$$= 22,37 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s6} = \frac{651 - 556,5}{556,5} \cdot 0,003$$

$$= 0,0005 < \epsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0005 \cdot 200000 = 101,89 \text{ Mpa}$$

$$NT3 = 981,25 \cdot 101,89 \cdot 10^{-3}$$

$$= 99,98 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s7} = \frac{766,7 - 556,5}{556,5} \cdot 0,003$$

$$= 0,0011 < \epsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0011 \cdot 200000 = 226,63 \text{ Mpa}$$

$$NT2 = 981,25 \cdot 226,63 \cdot 10^{-3}$$

$$= 222,38 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s8} = \frac{882,4 - 556,5}{556,5} \cdot 0,003$$

$$= 0,0018 < \epsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0018 \cdot 200000 = 351,37 \text{ Mpa}$$

$$NT1 = 981,25 \cdot 351,37 \cdot 10^{-3}$$

$$= 861,97 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
P_{nb} &= N_{D_D} + N_{D1} + N_{D2} + N_{D3} + N_{D4} - N_{T4} - N_{T3} - N_{T2} - N_{T1} \\
&= 9387,181125 + 981,3 + 392,5 + 267,239 + 144,83 - 861,966 - \\
&\quad 22,37 - 99,98 - 222,38 \\
&= 9966,31 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi P_{nb} &= 0,65 \cdot 9966,307 \\
&= 6478,099511 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{nb} &= N_{D_D} (h/2 - ab/2) + ((N_{D1}+N_{T1}).(h/2-72,5)) + \\
&\quad ((N_{D2}+N_{T2}).(h/2-188,2)) + ((N_{D3}+N_{T3}).(h/2-325,85)) + \\
&\quad ((N_{D4}+N_{T4}).(h/2-451,55)) \cdot 10^{-3} \\
&= ((9387).(275)) + ((1843,2).(427,5)) + ((614,88).(311,8)) + \\
&\quad ((367,21).(196)) + ((167,21).(427,5)) \cdot 10^{-3} \\
&= 3701,071 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_{nb} &= 0,65 \cdot 3701,071 \\
&= 2405,696 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$e_b = M_{nb}/P_{nb} = 3701,070504/9966,307 = 0,3714 \text{ m} = 371,36 \text{ mm}$$

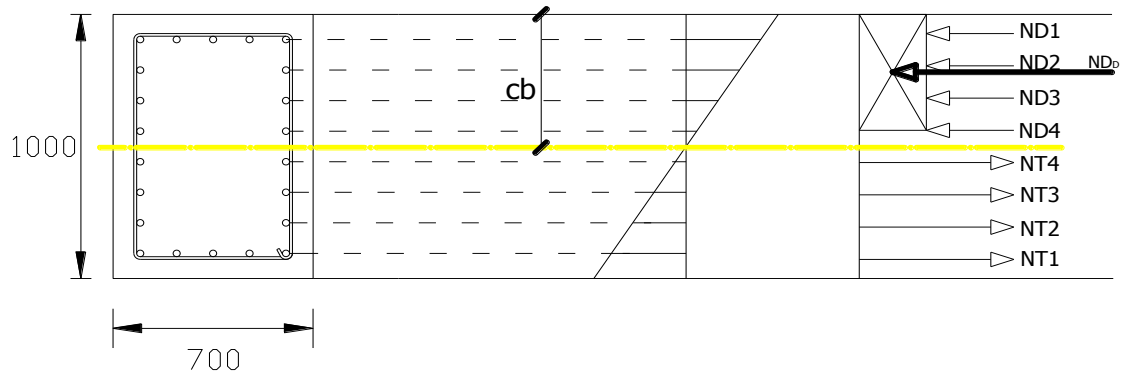
- Kondisi Seimbang dengan 1,25  $f_y$

$$f_y = 1,25 \cdot 400 = 500 \text{ Mpa}$$

$$c_b = \frac{600.d}{600 + f_y} = \frac{600.927,5}{600 + 500} = 505,91 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
ab &= 505,91 \cdot 0,85 \\
&= 430,02 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ND_D &= 0,85 \cdot f'_c \cdot ab \cdot B \\
 &= 0,85 \cdot 35 \cdot 430,02 \cdot 700 \cdot 10^{-3} \\
 &= 8955,223295 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.6 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang dengan 1,25 fy.**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{500}{200000} = 0,005$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{505,91 - 72,5}{505,91} \cdot 0,003$$

$$= 0,0026 > \epsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 ND1 &= 2453,5 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\
 &= 981,3 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{505,91 - 188,2}{505,91} \cdot 0,003$$

$$= 0,0019 < \epsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = f_y = 0,0019 \cdot 200000 = 376,8 \text{ Mpa}$$

$$\text{ND2} = 981,3 \cdot 376,8 \cdot 10^{-3}$$

$$= 369,73 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{505,91 - 303,9}{505,91} \cdot 0,003$$

$$= 0,0012 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0012 \cdot 200000 = 235,09 \text{ Mpa}$$

$$\text{ND3} = 981,25 \cdot 239,09 \cdot 10^{-3}$$

$$= 235,09 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{505,91 - 419,6}{505,91} \cdot 0,003$$

$$= 0,0005 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0005 \cdot 200000 = 102,36 \text{ Mpa}$$

$$\text{ND4} = 981,25 \cdot 102,36 \cdot 10^{-3}$$

$$= 100,44 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{419,6 - 505,91}{505,91} \cdot 0,003$$

$$= -0,0005 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = -0,0005 \cdot 200000 = -102,36 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT4} = 981,25 \cdot -102,36 \cdot 10^{-3}$$

$$= -100,44 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{651 - 505,91}{505,91} \cdot 0,003$$

$$= 0,0009 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0009 \cdot 200000 = 172,08 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT3} = 981,25 \cdot 172,08 \cdot 10^{-3}$$

$$= 168,85 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s7} = \frac{766,7 - 505,91}{505,91} \cdot 0,003$$

$$= 0,0015 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0015 \cdot 200000 = 303,29 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT2} = 981,25 \cdot 303,29 \cdot 10^{-3}$$

$$= 303,49 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s8} = \frac{882,4 - 509,91}{509,91} \cdot 0,003$$

$$= 0,0022 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0022 \cdot 200000 = 446,51 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT1} = 981,25 \cdot 446,51 \cdot 10^{-3}$$

$$= 1095,35 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 P_{nb} &= ND_D + ND1 + ND2 + ND3 + ND4 - NT4 - NT3 - NT2 - NT1 \\
 &= 8955,223295 + 981,3 + 369,73 + 235,087 + 100,44 - 1095,35 - \\
 &\quad 100,44 - 168,85 - 303,49 \\
 &= 9174,48 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_{nb} &= 1 \cdot 9174,48 \\
 &= 9174,48 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= ND_D \left( \frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + ((ND1+NT1) \cdot (h/2-72,5)) + \\
 &\quad ((ND2+NT2) \cdot (h/2-188,2)) + ((ND3+NT3) \cdot (h/2-325,85)) + \\
 &\quad ((ND4+NT4) \cdot (h/2-451,55)) \cdot 10^{-3} \\
 &= ((8955,223295) \cdot (275)) + ((2076) \cdot (427,5)) + ((673,23) \cdot (311,8)) + \\
 &\quad ((403,94) \cdot (196)) + ((0) \cdot (427,5)) \cdot 10^{-3} \\
 &= 3636,132 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_{nb} &= 1 \cdot 3636,132 \\
 &= 3636,132 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

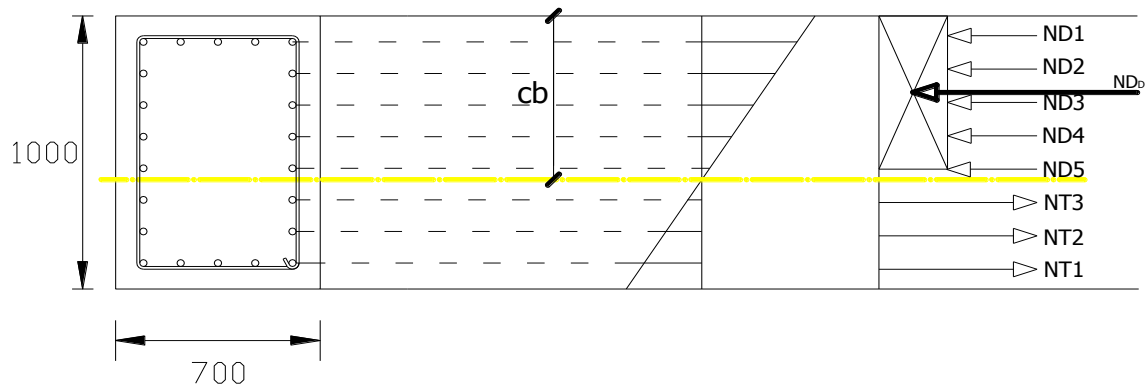
$$e_b = M_{nb}/P_{nb} = 3636,132/9174,48 = 0,3963 \text{ m} = 396,33 \text{ mm}$$

- Kondisi Patah Desak

Dipakai nilai  $c = 600 \text{ mm}$  ( $c > e_b$ )

$$a = c \cdot \beta = 0,85 \cdot 600 = 510 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 ND_D &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \cdot 35 \cdot 510 \cdot 700 \cdot 10^{-3} \\
 &= 10620,75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.6 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah desak**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{s1} &= \frac{600 - 72,5}{600} \cdot 0,003 \\ &= 0,0026 > \epsilon_y \end{aligned}$$

$$\text{Maka } f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{ND1} &= 2453,5 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\ &= 981,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{s2} &= \frac{600 - 188,2}{600} \cdot 0,003 \\ &= 0,0021 > \epsilon_y \end{aligned}$$

$$\text{Maka } f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{ND2} &= 981,3 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\ &= 392,5 \text{ kN} \end{aligned}$$



$$\varepsilon_{s3} = \frac{600 - 303,9}{600} \cdot 0,003$$

$$= 0,0015 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0015 \cdot 200000 = 296,1 \text{ Mpa}$$

$$\text{ND3} = 981,25 \cdot 296,1 \cdot 10^{-3}$$

$$= 290,55 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{600 - 419,6}{600} \cdot 0,003$$

$$= 0,0009 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0009 \cdot 200000 = 180,4 \text{ Mpa}$$

$$\text{ND4} = 981,25 \cdot 180,4 \cdot 10^{-3}$$

$$= 177,02 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{600 - 505,91}{600} \cdot 0,003$$

$$= 0,0005 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0005 \cdot 200000 = 94,09 \text{ Mpa}$$

$$\text{ND5} = 981,3 \cdot 94,04 \cdot 10^{-3}$$

$$= 92,33 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{651 - 600}{600} \cdot 0,003$$

$$= 0,0003 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0003 \cdot 200000 = 51 \text{ Mpa}$$

$$NT3 = 981,25 \cdot 51 \cdot 10^{-3}$$

$$= 50,04 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s7} = \frac{766,7 - 600}{600} \cdot 0,003$$

$$= 0,0008 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0008 \cdot 200000 = 166,7 \text{ Mpa}$$

$$NT2 = 981,25 \cdot 166,7 \cdot 10^{-3}$$

$$= 163,57 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s8} = \frac{882,4 - 600}{600} \cdot 0,003$$

$$= 0,0014 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0014 \cdot 200000 = 282,4 \text{ Mpa}$$

$$NT1 = 2453,125 \cdot 282,4 \cdot 10^{-3}$$

$$= 692,76 \text{ kN}$$

$$P_{nb} = ND_D + ND1 + ND2 + ND3 + ND4 + ND5 - NT3 - NT2 - NT1$$

$$= 10620,75 + 981,3 + 392,5 + 290,55 + 177,02 + 92,33 - 50,04 -$$

$$163,574 - 692,763$$

$$= 11648,012 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot 11648,012$$

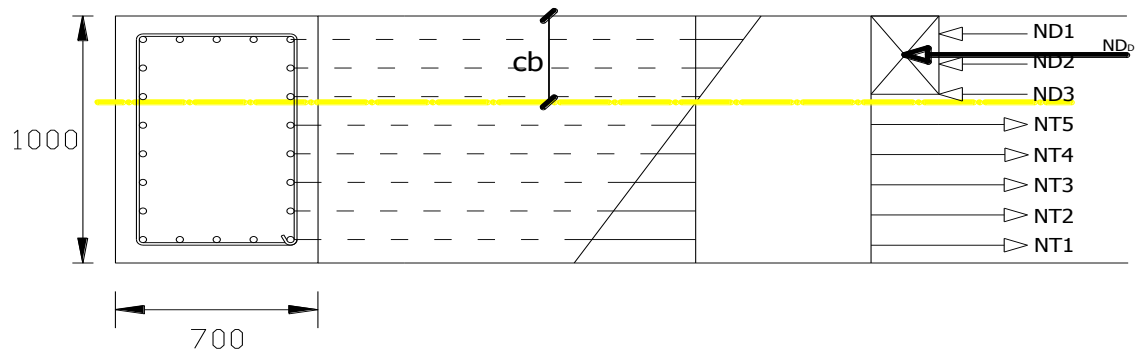
$$= 7571,207608 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
M_{nb} &= N D_D \left( \frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + ((ND1+NT1) \cdot (h/2-72,5)) + \\
&\quad ((ND2+NT2) \cdot (h/2-188,2)) + ((ND3+NT3) \cdot (h/2-325,85)) + ((ND4- \\
&\quad ND5) \cdot (h/2-451,55)) \cdot 10^{-3} \\
&= ((10620,75) \cdot (255)) + ((1674) \cdot (427,5)) + ((556,07) \cdot (311,8)) + \\
&\quad ((340,59) \cdot (196)) + ((269,34) \cdot (427,5)) \cdot 10^{-3} \\
&= 3779,250 \text{ kNm} \\
\phi M_{nb} &= 0,65 \cdot 3779,25 \\
&= 2456,513 \text{ kNm} \\
e_b &= M_{nb}/P_{nb} = 3779,250298/11648,012 = 0,3245 \text{ m} = 324,5 \text{ mm}
\end{aligned}$$

- Kondisi Patah Tarik

Dipakai nilai  $c = 350 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
a &= c \cdot \beta \\
&= 150 \cdot 0,85 \\
&= 297,5 \text{ mm} \\
N D_D &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \\
&= 0,85 \cdot 35 \cdot 298 \cdot 700 \cdot 10^{-3} \\
&= 6195,438 \text{ kN}
\end{aligned}$$



**Gambar 4.7 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah tarik**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,0020$$

$$\begin{aligned}\epsilon_{s1} &= \frac{350 - 72,5}{350} \cdot 0,003 \\ &= 0,0024 > \epsilon_y\end{aligned}$$

$$\text{Maka } f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\text{ND1} &= 2453,5 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\ &= 981,3 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_{s2} &= \frac{350 - 188,2}{350} \cdot 0,003 \\ &= 0,0014 < \epsilon_y\end{aligned}$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0014 \cdot 200000 = 277,37 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\text{ND2} &= 981,3 \cdot 277,37 \cdot 10^{-3} \\ &= 272,17 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{350 - 303,9}{350} \cdot 0,003$$

$$= 0,0004 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0004 \cdot 200000 = 79,03 \text{ Mpa}$$

$$\text{ND3} = 981,25 \cdot 79,03 \cdot 10^{-3}$$

$$= 77,55 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{419,6 - 350}{350} \cdot 0,003$$

$$= 0,0006 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0006 \cdot 200000 = 119,31 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT5} = 981,25 \cdot 119,31 \cdot 10^{-3}$$

$$= 117,08 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{535,3 - 350}{350} \cdot 0,003$$

$$= 0,0016 < \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0016 \cdot 200000 = 317,66 \text{ Mpa}$$

$$\text{NT4} = 981,3 \cdot 317,66 \cdot 10^{-3}$$

$$= 311,7 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s6} = \frac{651 - 350}{350} \cdot 0,003$$

$$= 0,0026 > \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$NT3 = 981,25 \cdot 400 \cdot 10^{-3}$$

$$= 506,33 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s7} = \frac{766,7 - 350}{350} \cdot 0,003$$

$$= 0,0036 > \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0036 \cdot 200000 = 714,34 \text{ Mpa}$$

$$NT2 = 981,25 \cdot 714,34 \cdot 10^{-3}$$

$$= 700,95 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s8} = \frac{882,4 - 350}{350} \cdot 0,003$$

$$= 0,0046 > \varepsilon_y$$

$$\text{Maka } f_s = 0,0046 \cdot 200000 = 912,69 \text{ Mpa}$$

$$NT1 = 2453,125 \cdot 912,69 \cdot 10^{-3}$$

$$= 2238,93 \text{ kN}$$

$$P_{nb} = ND_D + ND1 + ND2 + ND3 + NT5 + NT4 - NT3 - NT2 - NT1$$

$$= 6195,438 + 981,3 + 272,17 + 77,55 + 117,08 + 311,7 - 506,33$$

$$- 700,95 - 2238,93$$

$$= 4508,977 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot 4508,977$$

$$= 2930,835 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
M_{nb} &= N D_D \left( \frac{h}{2} - \frac{a b}{2} \right) + ((N D_1 + N T_1) \cdot (h/2 - 72,5)) + \\
&\quad ((N D_2 + N T_2) \cdot (h/2 - 188,2)) + ((N D_3 + N T_3) \cdot (h/2 - 325,85)) + ((N D_4 - \\
&\quad N D_5) \cdot (h/2 - 451,55)) \cdot 10^{-3} \\
&= ((6195,438) \cdot (149)) + ((3220,2) \cdot (427,5)) + ((973,12) \cdot (311,8)) + \\
&\quad ((583,87) \cdot (196)) + ((194,62) \cdot (427,5)) \cdot 10^{-3} \\
&= 2779,317 \text{ kNm} \\
\phi M_{nb} &= 0,65 \cdot 2779,317 \\
&= 1819,56 \text{ kNm} \\
e_b &= M_{nb} / P_{nb} = 2779,317 / 1819,56 = 0,6208 \text{ m} = 620,8 \text{ mm}
\end{aligned}$$

- Kondisi Lentur Murni

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan Tarik As} = 11 \text{ D } 25 = 5396,875 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan As} = 11 \text{ D } 25 = 5396,875 \text{ mm}^2$$

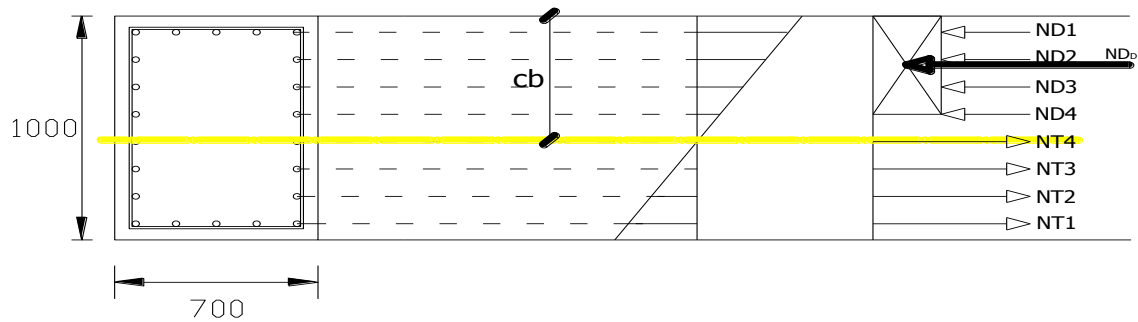
$$A_{s1} = 5 \text{ D} = 2453,125 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 6 \text{ D} = 2943,750 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 50 + \frac{1}{2} \cdot 25 = 72,5 \text{ mm}$$

$$y_2 = 72,5 + 115,7 = 188 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{2453,125 \cdot 72,5 + 2943,188}{5396,875} = 135,610 \text{ mm}$$



**Gambar 4.8 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 1 lentur murni**

Mencari garis netral dengan dimisalkan  $c > y_2$ , maka bisa dihitung dengan persamaan berikut:

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$



$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 700) \cdot c^2 + (600 \cdot 5396,875 - 5396,875 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot$$

$$5396,875 \cdot 135,61 = 0$$

$$17701,25 \cdot c^2 - 1079375 \cdot c - 439122131,3 = 0$$

$$c = 129,93878$$

Karena nilai  $c$  lebih kecil dari  $y_2$  ( $c < y_2$ ) maka dihitung nilai  $c$  sebenarnya

berdasarkan persamaan yang kedua.

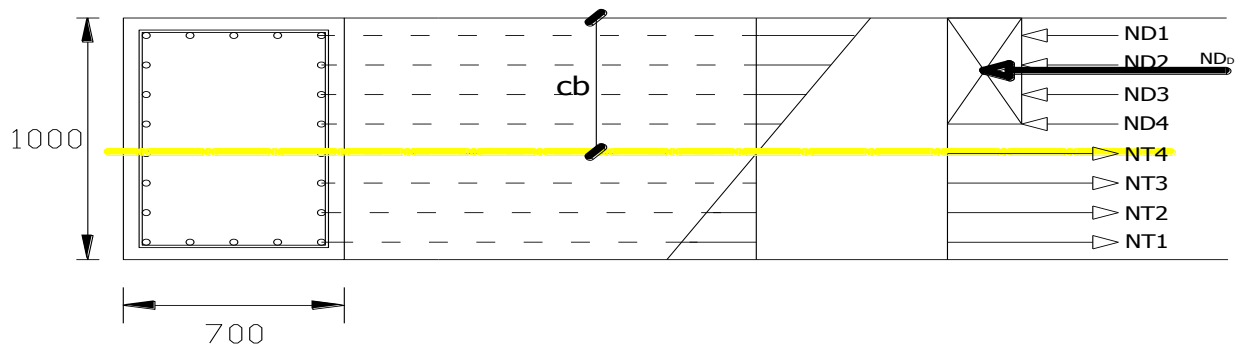
Di coba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan Tarik As} = 11 \text{ D } 25 = 5396,875 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Tekan As} = 11 \text{ D } 25 = 5396,875 \text{ mm}^2$$

$$d' = 50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 25 = 72,5$$

$$d = 1000 - 72,5 = 928$$



**Gambar 4.9 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 2 lentur murni**

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b + As' \cdot f's = As \cdot fy$$

$$\text{Substitusi nilai } f's = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = As \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) \cdot c + As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot As' \cdot c - 600 \cdot As' \cdot d' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot As' \cdot c - 600 \cdot As' \cdot d' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot As' - As \cdot fy) \cdot c - 600 \cdot As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,85 \cdot 700) \cdot c^2 + (600 \cdot 5396,875 - 5396,875 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot$$

$$5396,875 \cdot 72,5 = 0$$

$$17701,25 \cdot c^2 - 1079375 \cdot c - 234764062,5 = 0$$

$$c = 88,642$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 88,642$$

$$= 75,346 \text{ mm}$$

$$ND_D = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 75,346 \cdot 700$$

$$= 1596,075 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
\text{ND1} &= f_s' \cdot A_s' \\
&= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s' \\
&= \frac{(88,6 - 72,5)}{c} \times 600 \cdot 2453,125 \cdot 10^{-3} \\
&= 268 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{ND2} &= f_s' \cdot A_s' \\
&= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s' \\
&= \frac{(88,6 - 72,5)}{c} \times 600 \cdot 981,25 \cdot 10^{-3} \\
&= 107,2 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{ND3} &= f_s' \cdot A_s' \\
&= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s' \\
&= \frac{(88,6 - 72,5)}{c} \times 600 \cdot 981,25 \cdot 10^{-3} \\
&= 107,2 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{ND4} &= f_s' \cdot A_s' \\
&= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s' \\
&= \frac{(88,6 - 72,5)}{c} \times 600 \cdot 981,25 \cdot 10^{-3} \\
&= 107,2 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{NT1} &= A_s1 \cdot f_y \\
&= 2453,125 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\
&= 981,25 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT2 &= A_s1 \cdot f_y \\
 &= 981,25 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\
 &= 392,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT3 &= A_s1 \cdot f_y \\
 &= 981,25 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\
 &= 392,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT4 &= A_s1 \cdot f_y \\
 &= 981,25 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \\
 &= 392,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$ND_D + ND1 + ND2 + ND3 + Nd4 = Nt1 + NT2 + NT3 + NT4$$

$$\begin{aligned}
 1569,075 + 268,03 + 107,2 + 107,2 + 107,2 &= 981,3 + 392,5 + 392,5 + 392,5 \\
 2158,75 &= 2158,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ZD_D &= c - a/2 \\
 &= 88,642 - 75,346/2 \\
 &= 50,96918112 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ZD1 &= c - y1 \\
 &= 88,642 - 72,5 \\
 &= 16,142 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$ZD2 = c - y2$$

$$= 88,642 - 188,2$$

$$= -99,558 \text{ mm}$$

$$\text{ZD3} = c - y_3$$

$$= 88,643 - 303,9$$

$$= -215,258 \text{ mm}$$

$$\text{ZD4} = c - y_4$$

$$= 88,643 - 419,6$$

$$= -330,958 \text{ mm}$$

$$\text{ZT4} = y_2 - c$$

$$= 188 - 88,643$$

$$= 99,558 \text{ mm}$$

$$\text{ZT3} = y_3 - c$$

$$= 303,9 - 88,643$$

$$= 215,26 \text{ mm}$$

$$\text{ZT2} = y_4 - c$$

$$= 557 - 88,643$$

$$= 467,86 \text{ mm}$$

$$\text{ZT1} = y_5 - c$$

$$= 882,4 - 88,643$$

$$= 793,76 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= \{(NDD \cdot ZDD) + (ND1 \cdot ZD1) + (ND2 \cdot ZD2) + (ND3 \cdot ZD3) + \\
&\quad (ND4 \cdot ZD4) + (NT1 \cdot ZT1) + (NT2 \cdot ZT2) + (NT3 \cdot ZT3) + \\
&\quad (NT4 \cdot ZT4) \\
&= 79974,47606 + 4326,62 + (-10673,9665) + (-23078,581) + (- \\
&\quad 35483,19519) + (77884,9844) + 183634,2438 + 84488,74375 + \\
&\quad 39076,494 \cdot 10^{-3} \\
&= 1101,140 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 1101,140 = 357,87 \text{ kNm}$$

Untuk hasil perhitungan diagram interaksi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

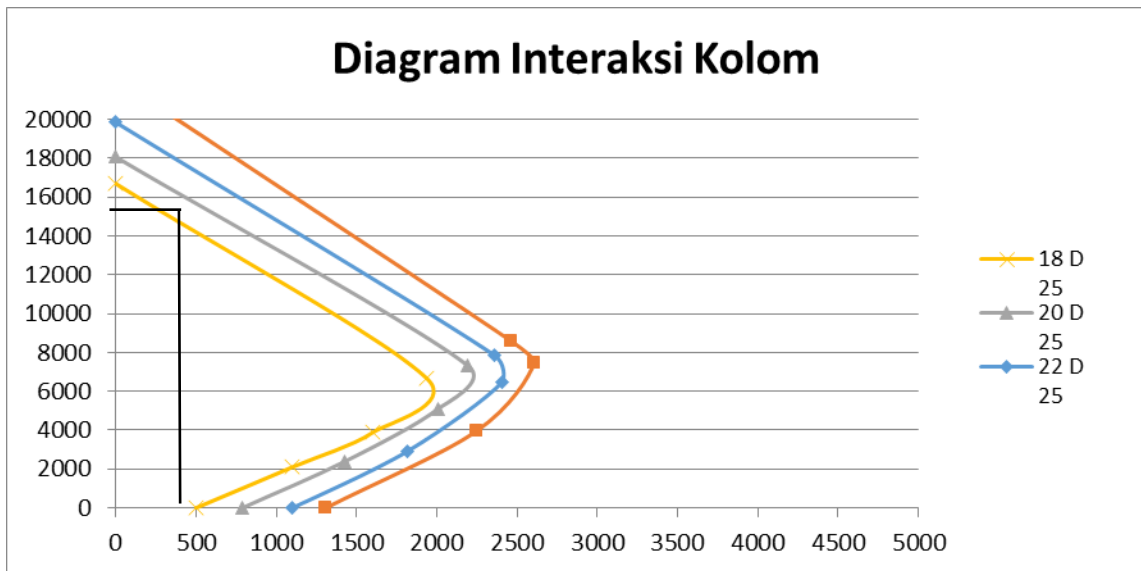
Di dapatkan dari ETABS :

$\phi$ Pn Kolom atas beam (kN)	15402.10154
$\phi$ Pn Kolom desain beam (kN)	-
$\phi$ Pn Kolom bawah (kN)	15810.66

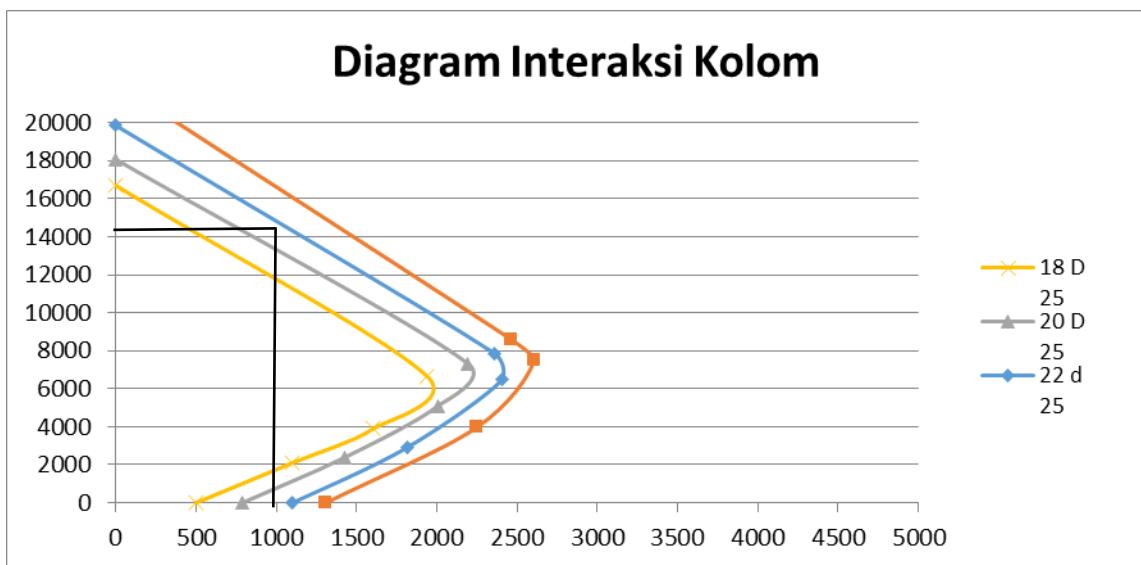
Koordinat Diagram

Kondisi	22 D 25	
	$\phi$ Pn (kN)	$\phi$ Mn (kNm)
Sentris	19857.109	0
Patah Desak	7571.208	2456.513
Balance	6478.100	2405.696
Patah Tarik	2930.835	1819.556
Lentur	0	1101.140

**Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Diagram Interaksi**



**Gambar 4.10 Diagram Interaksi Kolom atas**



**Gambar 4.11 Diagram Interaksi Kolom bawah**

Dari hasil pembacaan diagram interaksi kolom, di dapat nilai momen nominal terfaktor kolom yang di tinjau sebesar :

$\phi$ Mn Kolom atas beam (kNm)	300
$\phi$ Mn Kolom bawah beam (kNm)	900



#### 4.2.2 Perhitungan penulangan geser kolom

Penulangan geser kolom B1-2.5 Pada portal F

$$\begin{array}{llll} \text{Diketahui : } h & = & 1000 \text{ mm} & f_c' = 35 \text{ Mpa} \\ & b & = & 700 \text{ mm} & f_y & = & 400 \text{ Mpa} \\ & d & = & 927,5 \text{ mm} & f_y & = & 240 \text{ Mpa} \\ & \phi & = & 0,55 \end{array}$$

$$\text{Tinggi bersih } h_n = 2700 \text{ mm} = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = D 10 \text{ mm}$$

##### a. Pengekangan Kolom

Daerah yang berpotensi sendi plastic terletak sepanjang  $L_o$  ( SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang  $L_o$  tidak boleh kurang dari :

- $h = 1000 \text{ mm}$
- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 2700 = 450 \text{ mm}$
- $550 \text{ mm}$

Jadi daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh 1000 mm dari muka kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 2847 – 2103

Pasal 21.6.4.3) Spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- $1/4 \cdot \text{dimensi terkecil komponen sruktur} = 1/4 \cdot 700 = 175 \text{ mm}$
- $6 \cdot \text{diameter terkecil komponen struktur} = 4 \cdot 25 = 100 \text{ mm}$
- $80 \text{ mm}$

Dipasang tulangan geser 4 D 10 mm

$$\begin{aligned}A_s &= 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \\&= 314 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jadi } A_s = 314 \text{ mm}^2 \geq A_{sh}$$

$$h_c = 700 - 50 - 50 - 10 = 590 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (700 - 2 \cdot 50)^2 = 360000 \text{ mm}^2$$

$A_{sh}$  minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847 – 2013 Pasal

21.6.4.4 (b) dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

$$\begin{aligned}A_{sh} &= 0,3 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_y h} \right) \left( \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right), \\&= 0,3 \left( \frac{s \cdot 590 \cdot 35}{400} \right) \left( \left( \frac{700000}{360000} \right) - 1 \right),\end{aligned}$$

$$314 = 0,3 \cdot 51,6s \cdot 0,944$$

$$314 = 14,62708333s$$

$$s = 21,467 \text{ mm}$$

Atau

$$A_{sh} = 0,09 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_y h} \right),$$

$$314 = 0,09 \cdot 51,625s$$

$$s = 67,6 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai } s = 80 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan geser 4D10 – 80 mm

a. Perhitungan tulangan transversal kolom akibat Ve

Di ketahui :

$$\begin{aligned} h &= 1000 \text{ mm} & f_c' &= 35 \text{ Mpa} \\ b &= 700 \text{ mm} & f_y &= 400 \text{ Mpa} \\ d &= 927,5 \text{ mm} & f_y &= 240 \text{ Mpa} \\ \phi &= 0,55 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi bersih } h_n = 2700 \text{ mm} = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = D 10 \text{ mm}$$

$$N_u = 15402101 \text{ N}$$

Perhitungan Momen Probabilitas (Mpr) :

$$M_{pr} = M_{nb} = 3636131812,463 \text{ Nmm}$$

Karena tulangan longitudinal sepanjang kolom sama, maka Mpr3 dan Mpr4 =

3636131812,463 Nmm, sehingga :

$$\begin{aligned} V_e \text{ Kolom} &= \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{h_n} \\ &= \frac{3636131812,463 + 3636131812,463}{2700} \\ &= 2693430,97 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e \text{ Balok} &= \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{h_n} \\ &= \frac{1018405625,277 + 401817440,080}{8700} \end{aligned}$$

$$= 163244,031 \text{ N}$$

$$V_e \text{ Balok} < V_e \text{ Kolom}$$

$$163244,031 \text{ N} < 2693430,97 \text{ N}$$

$V_c$  = Apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847 – 2013 Pasal 21.5.4.2 sebagai berikut :

$$\text{Gaya Aksial terkaftor} < A_g \cdot f'_c / 20$$

$$15402101 \text{ N} < \frac{1000 \cdot 700 \cdot 35}{20}$$

$$15402101 \text{ N} > 1225000 \text{ N}$$

- Tulangan geser di dalam daerah sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang  $L_o$  (SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.1) spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$- h = 1000 \text{ mm}$$

$$- 1/6 l_n = 1/6 \cdot 2700 = 450 \text{ mm}$$

$$- 550 \text{ mm}$$

Jadi daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh 1000 mm dari muka kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 2847 – 2103 Pasal 21.6.4.3) Spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$- 1/4 \cdot \text{dimensi terkecil komponen struktur} = 1/4 \cdot 700 = 175 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 - 6 \cdot \text{diameter terkecil komponen struktur} &= 4 \cdot 25 = 150 \text{ mm} \\
 - S_o &= 100 + \frac{350 - h_x}{3}, \text{ dimana } h_x = \frac{2}{3} h_c = \frac{2}{3} \cdot 590 = 393,3 \\
 &= 100 + 14,333 = 86 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan geser 4D 10 mm

$$\begin{aligned}
 A_s &= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 12^2 \\
 &= 314 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } A_s = 314 \text{ mm}^2 \geq A_{sh}$$

$$h_c = 700 - 50 - 50 = 590 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = (700 - 2 \cdot 50)^2 = 360000 \text{ mm}^2$$

$A_{sh}$  minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847 – 2013 Pasal

21.6.4.4 (b) dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= 0,3 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_y h} \right) \left( \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right) \\
 &= 0,3 \left( \frac{s \cdot 590 \cdot 35}{400} \right) \left( \left( \frac{700000}{360000} \right) - 1 \right) \\
 314 &= 0,3 \cdot 51,6s \cdot 0,944 \\
 314 &= 14,62708333s \\
 s &= 21,467 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= 0,09 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_y h} \right) \\
 314 &= 0,09 \cdot 51,625s \\
 s &= 67,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

dipakai  $s = 80 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan geser 4D10 – 80 mm

Kontrol kuat geser Nominal menurut SNI 2847 – 2013 11.4.7.9

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{35} \cdot 700 \cdot 927,5$$

$$1456175 \leq 2535069,767 \dots \dots \dots \text{OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0,75 (1456175 + 1679212,209)$$

$$= 2351540,407 \text{ N} > V_u = 163244,031 \dots \dots \text{OK}$$

Jadi untuk penulangan geser di daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis

sejauh  $L_o = 600 \text{ mm}$  di pasang tulangan geser 4 kaki D 10 – 80 mm

- Tulangan geser di luar sendi plastis

Persyaratan spasi maksimum untuk daerah luar sendi plastis menurut SNI

2847 – 2013 pasal 21.6.4.5 spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- 6 kali diameter tulangan utama  $= 6 \cdot 25 = 150 \text{ mm}$
- 100 mm

Dipakai sengkang 4D 10 dengan spasi 100 mm

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d'}{s} = \frac{314 \times 400 \times 927,5}{100}$$

$$= 1164940 \text{ N}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.7.9

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{35} \cdot 700 \cdot 927,5$$

$$1164940 \text{ N} \leq 2535069,767 \text{ N} \dots \dots \dots \text{OK}$$

Jadi untuk penulangan geser di luar sendi plastis dipasang tulangan geser 3 kaki

D 10 – 100.

#### 4.2.3 Sambungan Tulangan Vertikal Kolom

Sesuai dengan SNI 2847 – 2013 pasal 12.2.(3), panjang sambungan lewatan tulangan dihitung dengan rumus :

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9 \cdot f_y}{10 \sqrt{f'_c}} \left( \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{c + K_w} \right)$$

Dimana:

$$\alpha = 1,0$$

$$\beta = 1,0$$

$$\gamma = 1,0$$

$$\lambda = 1,0$$

$$c = \frac{700 - 2(50 + 10) - 25}{2 \times 4}$$

$$= 69,75 \text{ mm}$$

Diambil  $c = 69,375 \text{ mm}$  yang menentukan

$$K_{tr} = 0$$

$$\frac{C + K_{tr}}{db} = \frac{69,375 + 0}{25} = 2,775 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$L_d = \frac{400}{1,1 \times 1} \sqrt{35} \times \frac{1 \times 1 \times 0,8}{2,775} = \frac{9 \times 240}{10 \sqrt{25}} \times 25$$

$$L_d = 443 \text{ mm}$$

Sesuai Pasal 21.6.3.3 sambungan lewatan harus diletakkan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik.

maka panjangnya

$$\text{harus } 1,3 L_d = 1,3 \cdot 443 = 575,9 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

## • Kontrol desain Kapasitas

### Momen pada kolom

$$SM_{nc} = fM_n \text{ atas}$$

$$= 3000000000$$



$$= 300000000 \text{ Nmm}$$

$$SM_{nc} = fM_n \text{ bawah}$$

$$= 3861878365$$

$$= 386187865 \text{ Nmm}$$

### **Momen pada balok**

$$M_{pr-} = 401817440.080 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr+} = 1018405625,277 \text{ Nmm}$$

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$\sum M_{nc} = \frac{3000000000 + 3861878365}{0,65}$$

$$= 6402889792,308 \text{ Nmm}$$

$$1,2 \sum M_{nb} = \frac{1,2 \times 401817440,080 + 1018405625,277}{0,9}$$

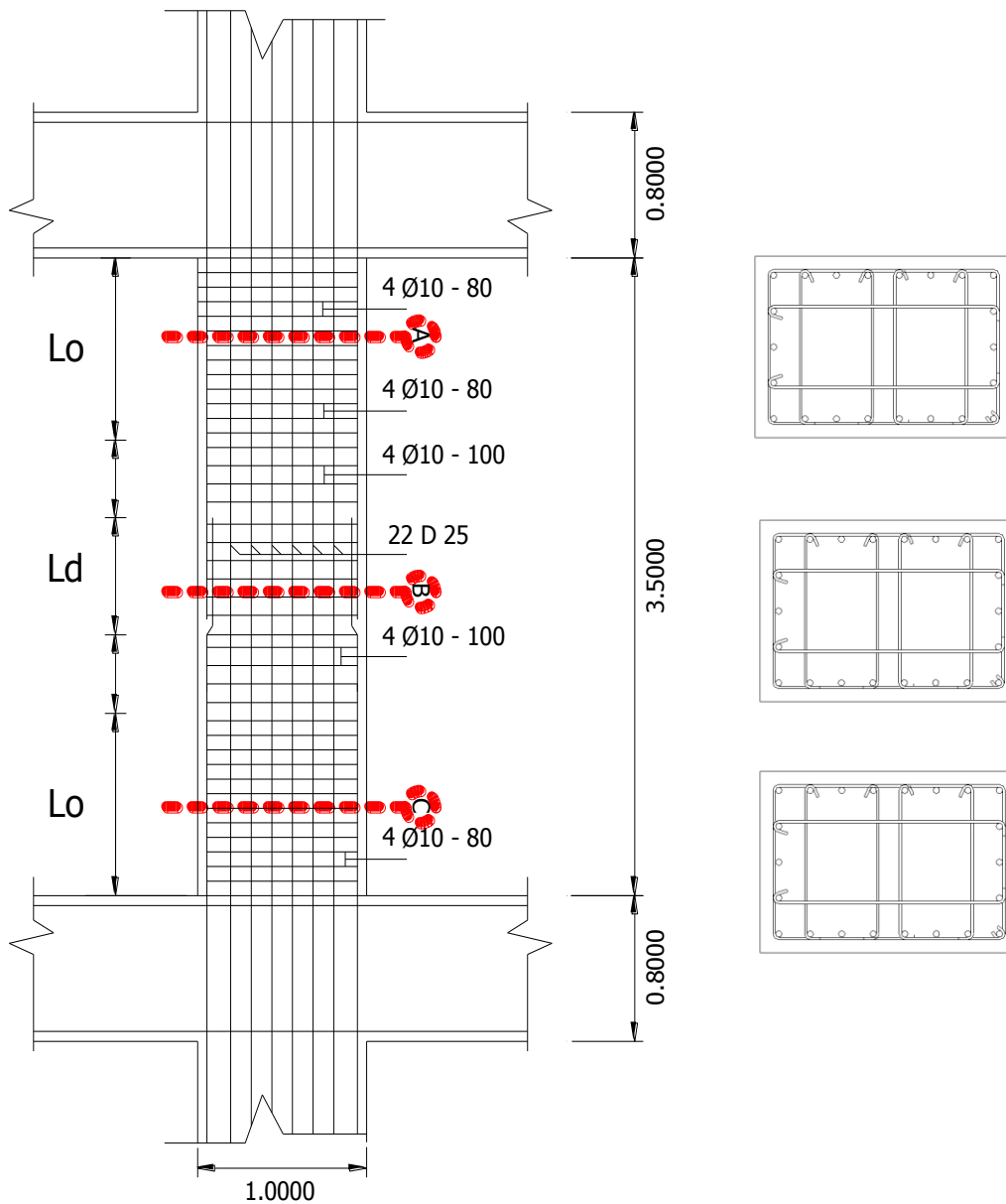
$$= 1893630753,810 \text{ Nmm}$$

Maka :

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

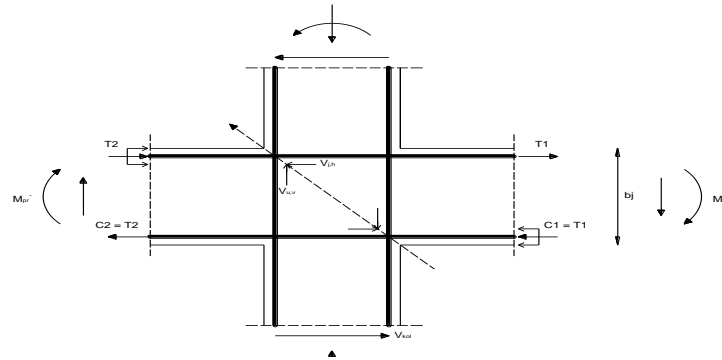
$$6402889792 \text{ Nmm} > 1893630754 \text{ Nmm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Dari hasil perencanaan balok dan kolom dapat disimpulkan bahwa : persyaratan  
 “Strong Colum Weak Beam” telah terpenuhi.



**Gambar 4.12 Gambar penulangan Kolom**

### 4.3 Perhitungan Hubungan Balok Kolom



**Gambar 4.13 Analisa geser dari hubungan balok kolom**

Data perencanaan :

$$f'c = 35 \text{ Mpa}$$

$$fy = 400 \text{ Mpa}$$

$$Mpr- = 401817440,080 \text{ Nmm}$$

$$Mpr+ = 1018405625,277 \text{ Nmm}$$

$$hn, a = 2700 \text{ mm}$$

$$hn, b = 2700 \text{ mm}$$

Tulangan yang terpasang pada balok

$$\text{Balok kiri} = 6 \text{ D } 22$$

$$\text{Balok Kanan} = 7 \text{ D } 22$$

Pemeriksaan kuat geser nominal pada joint :

Gaya geser yang terjadi

$$As1 = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$As2 = 7 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 2659,58 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot 1,25 \cdot f_y$$

$$T1 = 2279,64 \cdot 1,25 \cdot 400 = 1139820 \text{ N}$$

$$T2 = 2659,58 \cdot 1,25 \cdot 400 = 1329790 \text{ N}$$

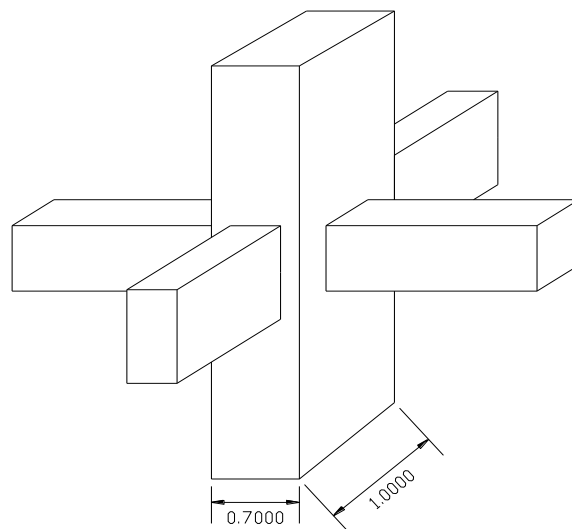
$$\begin{aligned} M_u &= \frac{M_{pr,b \text{ kanan}} + M_{pr,b \text{ kiri}}}{2} \\ &= \frac{401817440,080 + 1018405625,277}{2} \end{aligned}$$

$$= 71011532,679 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} V_h &= \frac{2 \cdot M_u}{h_n / 2} \\ &= \frac{2 \cdot 71011532,679}{2700 / 2} \end{aligned}$$

$$= 1052017,085 \text{ N}$$

$$V_{jh} = \phi \cdot 17 \cdot A_j$$



**Gambar 4.14 Luas efektif (Aj) untuk HBK**

$$V_{jh} < \phi \cdot 17 \cdot A_j$$

$$1417592,915 < 0,75 \cdot 1,7 \cdot \sqrt{35} \cdot 700 \cdot 1000$$

$$1417592,915 \text{ N} < 5280101 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

- Penulangan geser horizontal

$$\frac{N_u}{A_g} = \frac{15402101,54}{1000 \cdot 700}$$

$$= 27,504 \text{ N/mm}^2 > 0,1 f'_c = 0,1 \cdot 35 = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

Jadi Vch dihitung menurut persamaan

$$\begin{aligned} V_{ch} &= \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{N_u}{A_g} - 0,1 \cdot f'_c \right)} x B_j x h_c \\ &= \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{15402102}{700000} - 0,1 \cdot 35 \right)} x 450 x 700 \\ &= 4227756,436 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{sh} + V_{ch} = V_{jh}$$

$$\begin{aligned} V_{sh} + &= V_{jh} - V_{ch} \\ &= 1417592,915 - 4227756,436 \\ &= 2810163,521 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{jh} &= \frac{V_{sh}}{f_y} \\ &= \frac{2810163,521}{400} \end{aligned}$$

$$= 7025,408803 \text{ mm}^2$$

Coba dipasang 12 Lapis tulangan sengkang :

$$\text{Maka } A_s \text{ ada} = 12 \cdot 616$$

$$= 7392 \text{ mm}^2 > A_{jh} = 7025,4088 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{AMAN}$$

- Penulangan geser Vertikal

$$V_{jh} = \frac{h_c}{b_j} V_j$$

$$= \frac{1000}{700} \times 1417592,915$$

$$= 2025132,735 \text{ N}$$

$$V_{cv} = \frac{A_s' \cdot V_{jh}}{A_s} \times \left( 0,6 + \frac{N_{uk}}{A_g \cdot f'_c} \right)$$

$$= \frac{2659,58 \cdot 2025132,735}{2279,64} \times \left( 0,6 + \frac{15402101,54}{700000 \cdot 35} \right)$$

$$= 2902892,915 \text{ N}$$

$$V_{sv} = V_j - V_{cv}$$

$$= 2025132,735 - 2902892,915$$

$$= 877760,180 \text{ N}$$

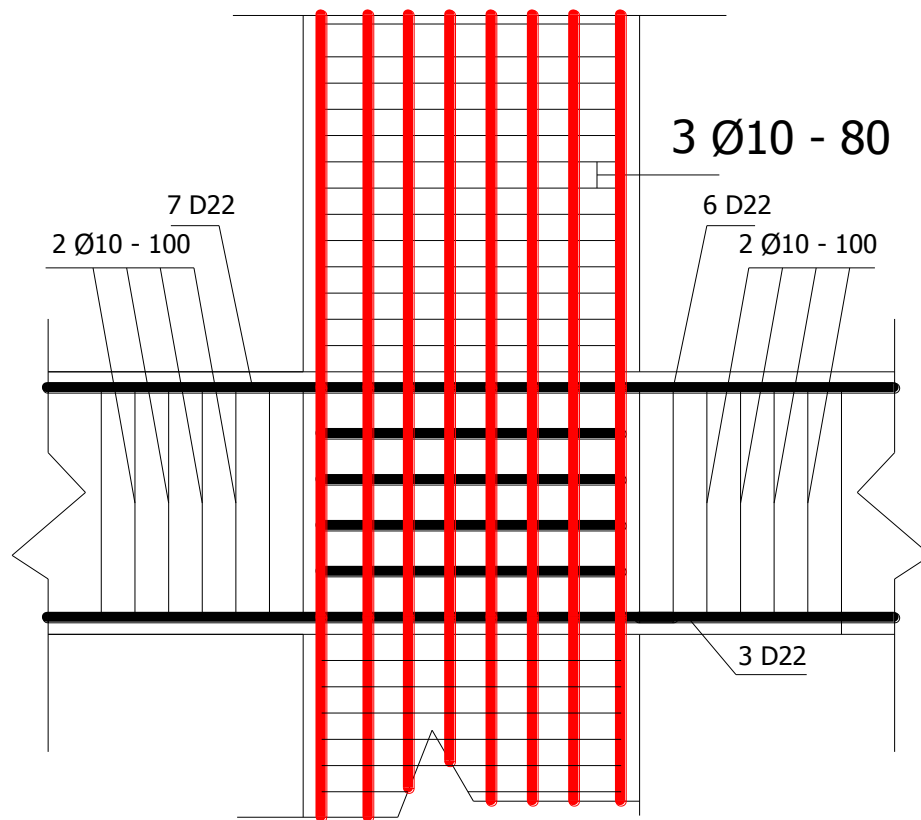
$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y}$$

$$\frac{877760,180}{400}$$

=

$$= 2041,303 \text{ mm}^2$$

Tulangan kolom yang terpasang 22 D 25 dimana luas tulangan ( $A_s$  ada =  $10793,75 \text{ mm}^2 > 20431,303 \text{ mm}^2$ . Maka tidak diperlukan lagi tulangan geser vertikal karena sudah ditahan oleh tulangan kolom yang terpasang.



**Gambar 4.15 Detail tulangan Hubungan Balok kolom**

- Pendetailan Tulangan Tarik

Untuk pemberhentian tulangan tumpu Tarik ke dalam balok adalah sejauh  $\frac{1}{4} L_n = \frac{1}{4} \cdot 860 = 2150 \text{ mm}$  dari muka kolom.

Ditambah dengan penjangkaran yang diperlukan untuk penjangkaran sejauh :

$$12 d_b = 12 \cdot 22 = 264 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{16} l_n = \frac{1}{16} \cdot 8600 = 537,5 \text{ mm}$$

$$d = 729 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai perpanjangan} = 729 \text{ mm}$$

$$\text{total panjang yang diperlukan} = 2150 + 729 = 2879 \text{ mm}$$

Modifikasi yang digunakan :

- Batang tulangan baja paling atas dengan elevasi antara tulangan tersebut dengan lapisan beton terbawah tidak kurang dari 300 mm.

$$800 - 50 - 10 - (0,5 \cdot 22) = 729 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

- $L_d$  yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} L_{db} &= \frac{0,02 \cdot A_s \cdot f_y}{\sqrt{f'_c}} = \frac{0,02 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 22 \cdot 22) \cdot f_y}{\sqrt{35}} \\ &= 514,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_{db} = 0,06 \cdot 22 \cdot 400 = 528 \text{ mm}$$



Dipakai  $L_{db} = 528 \text{ mm}$

Dipakai faktor 1,4

Maka  $L_d = 528 \cdot 1,4$

$= 739,2 \text{ mm}$ , ditambah dengan perpanjangan 729 mm

$$L_d = 739,2 + 729$$

$$= 1468 \text{ mm} < 2879 \text{ mm}$$

Jadi dipakai panjang penyaluran  $L_d = 2879 \text{ mm}$

- Penjangkaran masuk kedalam kolom

- Pendetailan tulangan tumpuan tekan balok ( SNI 2847 – 2013 Pasal 12.3.2) untuk tulangan tumpuan tekan, panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom adalah :

$$L_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4 \sqrt{f'_c}} = \frac{22 \cdot 400}{4 \sqrt{35}} = 371,868 \text{ mm}$$

Panjang  $L_{db}$  tidak boleh kurang dari :

$$L_{db} = 0,04 \cdot 22 \cdot 400 = 352 \text{ mm}$$

$$L_{db} = 200 \text{ mm}$$

Dipakai  $L_{db} = 371,868 \text{ mm} \approx 380 \text{ mm}$

- Pendetailan tulangan tumpuan tarik balok ( SNI 2847 – 2013 Pasal 12.3.2)

$$L_{db} = \frac{100 \cdot d_b}{\sqrt{f'_c}} = \frac{100 \cdot 22}{4 \sqrt{35}} = 371,868 \text{ mm}$$

Panjang  $L_{db}$  tidak boleh kurang dari :

$$8 \text{ db} = 8 \cdot 22 = 176 \text{ mm}$$

$$L_{dh} = 371 \text{ mm} > 176 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{dh} = 371 \text{ mm} \approx 380 \text{ mm}$$

Dipilih pembengkokan  $90^\circ$  dengan panjang pembengkokan 12 db

$$= 12 \cdot 22 = 264 \text{ mm} \approx 265 \text{ mm}$$

- Pemutusan tulangan tumpuan tekan

Untuk pemberhentian tulangan tumpuan adalah sejauh  $1/5 l_n$  :

$$1/5 \cdot 8600 = 1720 \text{ mm dari muka kolom.}$$

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan beberapa tahap dalam studi perencanaan Struktur gedung Hotel Aria Centra Surabaya didapatkan hasil perhitungan dimensi penampang dan tulangan balok, kolom, dan hubungan balok kolom., dan dalam perhitungan ini diambil sampel pada portal line F. Kemudian dari perencanaan tersebut didapatkan hasil sebagai berikut :

✓ Hasil perhitungan pada balok No.90 (tumpuan kiri), balok No.54 (lapangan dan tumpuan kanan), yaitu :

- Dimensi Balok : 40/80
- Tulangan Tumpuan Kiri : 6 D 22 (atas), 3 D 22 (bawah)
- Tulangan Lapangan : 3 D 22 (atas), 5 D 22 (bawah)
- Tulangan Tumpuan Kanan : 7 D 22 (atas), 3 D 22 (bawah)
- Tulangan Geser :

Joint Kiri = joint kanan

Daerah sendi plastis : 3 (kaki) Ø 10-100

Daerah Luar Sendi Plastis : 2 (kaki) Ø 10-200

Sejauh 2,1 m dari muka kolom : 2 (kaki) Ø10-200

- ✓ Kolom pada portal ini direncanakan dengan menggunakan dimensi 100/70 dengan jumlah tulangan kolom didapat tulangan lentur 22 D 25, dengan spesifikasi tulangan geser:

Daerah sendi plastis : 4 kaki Ø 10-80

Daerah luar sendi plastis : 4 kaki Ø 10-100

- ✓ Untuk hasil perhitungan tulangan pada joint lainnya dan hasil gambar terlampir pada lampiran.

## **5.2. Saran**

Untuk perencanaan gedung tahan gempa selanjutnya, diharapkan perencana memahami dan menggunakan aturan-aturan perencanaan gedung tahan gempa. Kemudian dalam perencanaan juga harus memahami aturan-aturan yang tertera pada Standar Nasional Indonesia yang digunakan secara umum di Indonesia. Selain itu, ketelitian dalam melakukan perencanaan juga harus diperhatikan, jadi dalam melakukan perencanaan harus disertai kehati-hatian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Nasution Amrinsyah, 2009, *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*, Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *SNI 03 – 2847 - 2013 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*, Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *SNI 03 – 1726 - 2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2012)*, Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Bandung : Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung.
- Purwono, R, 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Edisi Kedua. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Vis, W. C. ; Kusuma, Gideon, H, 1997, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Edisi : Kedua. Erlangga.